



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**“Implementación de la metodología Lean Six Sigma para  
disminuir el porcentaje de desperdicio de la línea de producción  
TAOV01”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentada por:**

**Josselin Ivette Vera Aguirre**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, mis tías, mis hermanos y a Joubberth por su apoyo incondicional, a mi director de proyecto, la Ph. D. Denise Rodríguez., por ser una guía, y a mi amigo Winston que me acompañó durante la culminación del presente proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios que me dio la salud y la fuerza para terminarla y mi abuelito que su recuerdo me inspira.

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

**María Denise Rodríguez., Ph.D.**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Cinthia Pérez S., Ph.D.**  
**VOCAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Josselin Ivette Vera Aguirre

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación se lleva a cabo en el área de producción de una empresa dedicada a la fabricación de latas y tapas de hojalata, con la finalidad de reducir el porcentaje de desperdicios en la línea TAOV01 que es la que fabrica las tapas ovaladas utilizadas para cerrar los envases de sardina.

El problema se identificó a través de entrevistas realizadas al Jefe de planta, Supervisor de producción de la sección de tapas y 2 Operarios de turno, donde indicaron que desde enero del 2019 no se está cumpliendo con la meta establecida por la empresa de tener un máximo de 1% de desperdicio en la línea TAOV01

Para el desarrollo del proyecto se aplicó la metodología Lean Six Sigma, implementando DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar. En la primera fase se entrevistó a los involucrados en el proceso de elaboración de tapas ovaladas, se determinó el problema mediante la herramienta 4W + 1H. Durante la medición se recolectó la información necesaria para la diagramación y análisis del proceso. En la fase de análisis, se determinó las variables críticas del proceso y a través del diagrama de Ishikawa se identificaron las causas raíces que luego fueron evaluadas por la matriz de verificación de causas.

Se propusieron nueve soluciones para disminuir el porcentaje de desperdicio: Diseño de experimento para determinar las medidas idóneas para la calibración de la troqueladora y cizalla, elaborar y difundir instructivos / procedimientos sobre la correcta calibración de la troqueladora y cizalla, elaborar e implementar el plan de mantenimiento autónomo de la línea TAOV01, rediseño del Clamber del brazo del sistema alimentación, establecer formato de control de liberación de lámina y adquisición de equipo de medición. Con la implementación de estas soluciones, se obtuvo una reducción de 1.34% de desperdicio a 0.75% es decir una reducción de \$35,636 a \$19,945 equivalente a un ahorro de \$15.695.

Palabras claves: DMAIC, diseño de experimento, instructivos.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	i
ÍNDICE GENERAL .....	ii
ABREVIATURAS .....	iv
SIMBOLOGÍA.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Descripción del problema .....	2
1.3. Alcance .....	3
1.4. Objetivo General .....	4
1.5. Objetivos específicos .....	4
1.6. Marco Teórico .....	5
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>7</b>
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Definir.....	8
2.1.1 Voz del cliente .....	8
2.1.2. Validar información con datos históricos.....	9
2.1.3. Herramienta 4W + 1H.....	10
2.1.4. Establecer línea base .....	11
2.2. Medición.....	11
2.2.1 Mapeo del proceso .....	11
2.2.2.Plan de recolección de datos.....	12
2.2.3.Confiabilidad de datos .....	13
2.2.4.Análisis de Estabilidad.....	14
2.2.5.Análisis de Capacidad .....	15
2.2.6.Declaración de problema enfocado .....	16
2.3. Análisis.....	18
2.3.1. Restablecer condiciones básicas.....	18
2.3.2. Identificación de causas potenciales.....	19
2.3.3. Matiz causa efecto.....	19
2.3.4. Verificación de causas.....	21
2.3.5. Análisis de los 5 ¿Por qué? .....	29
2.4. Mejora .....	33
2.4.1 Soluciones Potenciales.....	33
2.4.2.Implementación de soluciones.....	35
2.5. Control .....	44
2.5.1. Plan de control de soluciones .....	44

<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>45</b>
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>45</b>
3.1. Resultado de implementación de soluciones .....	45
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>47</b>
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>47</b>
4.1. Conclusiones .....	47
4.2. Recomendaciones .....	47
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	



## ABREVIATURAS

DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar)
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer (Proveedor, Entradas, Procesos, Salidas, Clientes)
VOC	Voice of the Customer (Voz del Cliente)
CTQ	Critical to Quality (Critica para la Calidad)

## SIMBOLOGÍA

\$	Dólares
%	Porcentaje
mm	Milímetros

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Porcentaje de desperdicio de la línea TAOV01 .....	3
Figura 1.2	Diagrama SIPOC .....	4
Figura 2.1	Planificación Del Proyecto .....	7
Figura 2.2	CTQ del problema.....	9
Figura 2.3	Porcentaje de desperdicio de la línea TAOV01 .....	10
Figura 2.4	VSM del proceso de elaboración de tapas oval.....	12
Figura 2.5	Ejemplo del formato de recolección de datos completo.....	13
Figura 2.6	Gráfica de probabilidad del número de defectos .....	14
Figura 2.7	Curva de potencia para prueba t de 1 muestra .....	15
Figura 2.8	Informe de capacidad del proceso binomial de defectos .....	16
Figura 2.9	Tipos de defectos.....	17
Figura 2.10	Calibración en la troqueladora .....	21
Figura 2.11	Lámina mal troquelada.....	22
Figura 2.12	Informe de capacidad del proceso binomial de defectos .....	23
Figura 2.13	Verificación de causas .....	24
Figura 2.14	Análisis t de una muestra.....	25
Figura 2.15	Presencia de esqueleto en el troquel .....	26
Figura 2.16	Diagrama de Pareto Golpes en Tapa.....	26
Figura 2.17	Desgaste de Catalina del Horno .....	27
Figura 2.18	Lámina con residuo de barniz .....	29
Figura 2.19	Calibración de la troqueladora .....	36
Figura 2.21	Resumen del modelo .....	37
Figura 2.22	Gráfica de residuos.....	37
Figura 2.23	Resultado del modelo .....	38
Figura 2.24	Antes y Después de usar parámetros del modelo .....	38
Figura 2.25	Digital Body Blank Gauge Zm-570d .....	39
Figura 2.26	Implementación de mesa de medición .....	39
Figura 2.27	Rediseño del clasper .....	40
Figura 2.28	Calibración de la cizalla .....	41
Figura 2.29	Factores que afectan la calibración de la cizalla .....	42
Figura 2.30	Gráficas de residuos .....	43
Figura 2.31	Resultado del modelo .....	43
Figura 2.32	Resultado del modelo .....	44
Figura 3.1	Comparación del porcentaje de desperdicio .....	45
Figura 3.2	Informe de capacidad del proceso binomial de defectos .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Hallazgos del problema.....	8
Tabla 2	Identificación del problema.....	10
Tabla 3	Tipos de defectos.....	17
Tabla 4	Problema enfocado 1 .....	17
Tabla 5	Problema enfocado 2 .....	18
Tabla 6	Matriz causa efecto – Picadura en la tapa.....	20
Tabla 7	Matriz causa efecto – Golpes en la tapa .....	20
Tabla 8	Verificación de causa 1 .....	21
Tabla 9	Verificación de causa 2 .....	22
Tabla 10	Verificación de causa 3.....	23
Tabla 11	Matriz de polivalencias.....	24
Tabla 12	Verificación de causa 4 .....	24
Tabla 13	Verificación de causa 5 .....	25
Tabla 14	Verificación de causa 6 .....	27
Tabla 15	Verificación de causa 7 .....	27
Tabla 16	Matriz de polivalencias.....	28
Tabla 17	Verificación de causa 8 .....	28
Tabla 18	5 ¿Por Qué? de la Causa 1.....	29
Tabla 19	5 ¿Por Qué? de la Causa 2.....	30
Tabla 20	5 ¿Por Qué? de la causa 3 .....	30
Tabla 21	5 ¿Por Qué? de la causa 4 .....	31
Tabla 22	5 ¿Por Qué? de la causa 5 .....	31
Tabla 23	5 ¿Por Qué? de la causa 6 .....	32
Tabla 24	5 ¿Por Qué? de la causa 7 .....	32
Tabla 25	5 ¿Por Qué? de la causa 8 .....	33
Tabla 26	Soluciones por cada ausa raíz (Picadura De Tapas).....	34
Tabla 27	Soluciones por cada causa raíz (Golpes De Tapas).....	35

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

En la era de la globalización, la competencia de las empresas cada día se intensifica, por lo tanto, se vuelve una necesidad de supervivencia que las empresas apliquen metodologías que ofrezcan productos y servicios de calidad (Jirasukprasert et al.,2013).

Para el presente proyecto, se decide utilizar la metodología Lean Six Sigma, la misma que busca incrementar el rendimiento del proceso para mejorar la satisfacción del cliente. Lean se concentra en reducir o eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia de un proceso (Snee, R., 2010), mientras que Six Sigma busca mejorar la capacidad de los procesos mediante el uso de métodos y herramientas estadísticas para identificar y disminuir o eliminar la variación del proceso. Dedhia, (2005)

Para la ejecución del proyecto, se establecerá el mecanismo dictado por la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). George, et al. (2005) nos ilustra en su libro los pasos que se debe realizar para la implementación del DMAIC y obtener los resultados que espera la compañía.

Sharma & Rao (2014) proponen el ejemplo de una implementación DMAIC a un proceso de manufactura de cigüeñales donde obtuvieron mejoras como reducción de la desviación estándar de 0,003 a 0,002, mejoras en el índice de capacidad potencial del proceso (CP) de 2,02 a 1,29 y del índice de capacidad de rendimiento del proceso (CPK) mejoraron de 1,45 a 0,32.

Otro ejemplo se observa en el proceso de manufactura de guantes de goma que al aplicar herramientas estadísticas para el DMAIC se determinó que la temperatura del horno y la velocidad del transportador influyeron en la cantidad de guantes defectuosos producidos. Al optimizar estas dos variables de proceso, se logró una reducción de aproximadamente el 50% en el defecto de los guantes, se redujo de 195.095 a 83.750 las partes por millón y mejoro el nivel sigma de 2.4 a 2.9. (Jirasukprasert et al.,2013)

Para identificar y conocer el proceso de la línea del presente proyecto, utilizaremos el estudio realizado por (Mahadeo & Narke, 2020). En su trabajo muestran que la herramienta Value Stream Mapping (VSM) es una de las herramientas más importantes para conocer, identificar y recolectar información

de un proceso ya que muestra una imagen completa del flujo de material e información. Mahadeo & Narke implementaron VSM en varias empresas de fabricación de mediana escala y obtuvieron ahorros significativos de tiempo, una de las empresas logro un ahorro de 336 horas al año.

Una vez que se ha realizado un levantamiento de la línea, se evalúan los datos recolectados, se utiliza análisis estadísticos, se estima las tendencias del proceso, se identifican y analizan las causas raíces del problema para las mejoras futuras a través de lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, 5 ¿por qué?, matriz de priorización de causas, según como se describe en su estudio (Franco & Barone, 2012).

Perez et al., (2007) ha realizado un estudio sobre la implementación de la metodología manufactura esbelta en pequeñas y medianas industrias, en su estudio ofrece una guía de selección y priorización de herramientas de mejora la cual sirve como pauta para el desarrollo de cada fase del presente proyecto.

Luego de realizar un análisis de la línea se debe buscar distintas formas de proponer soluciones con el fin de disminuir los desperdicios y así obtener menores costos de producción. Carvallo (2014) muestra en su artículo como plantear distintas propuestas de solución a una línea de costura de una empresa de confecciones y como evaluarlas entre sí para determinar con cuál se obtiene mayor beneficio y menor inversión.

## **1.2. Descripción del problema**

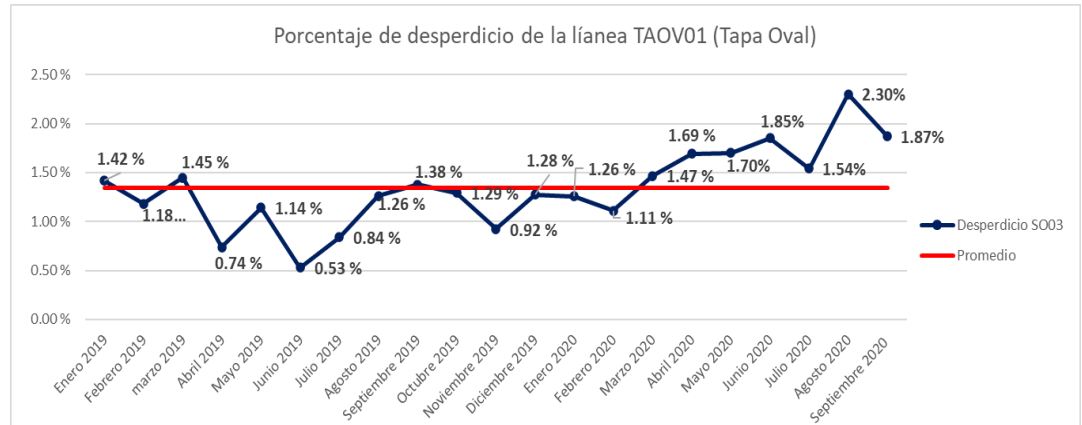
Para identificar el problema del área de producción, se llevó a cabo entrevistas individuales a los principales involucrados:

- Jefe de planta
- Supervisor de producción de la sección tapas
- Operario de turno I
- Operario de turno II

A través de preguntas abiertas se identificaron los hallazgos y con la ayuda de la herramienta CTQ se determinó que el porcentaje de desperdicio en la línea TAOV01 (línea que fabrica las tapas ovaladas utilizadas para los envases de latas de sardina) es superior al permitido por la empresa que es 1% de la producción mensual equivalente a un costo mensual de \$21.315.

Identificado el inconveniente en la línea TAOV01, se tomaron los valores históricos desde enero 2019 a septiembre 2020 y se evidenció un desperdicio

promedio de 1.34% de la producción mensual, que representa un costo de \$35,636 (Como se muestra en la figura 1.1)



**FIGURA 1.1 PORCENTAJE DE DESPERDICIE DE LA LÍNEA TAOV01**  
(Fuente: elaboración propia)

La empresa está dispuesta a cubrir un costo mensual máximo de \$21.315, equivalente al 1% de desperdicio promedio (porcentaje de tapas con defectos).

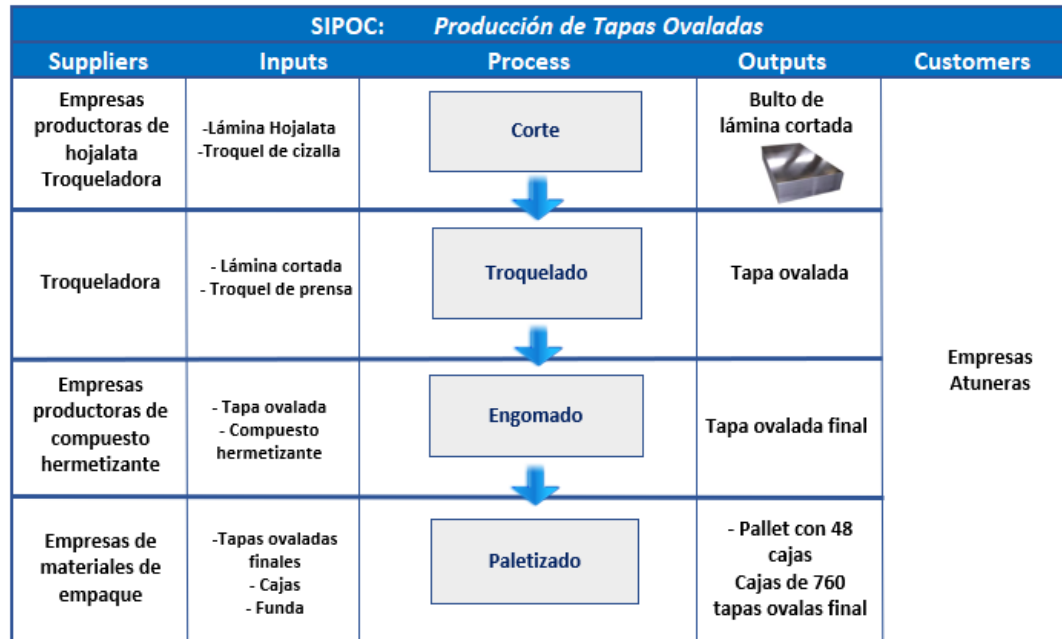
A través de la metodología 4W+ 1H se identificó el problema:

***“Desde el mes de enero del 2019 hasta septiembre 2020, el porcentaje de desperdicio de la línea TAOV01 no cumple con el objetivo establecido por la empresa que es 1%. El porcentaje promedio de desperdicio es 1.34%”.***

### 1.3. Alcance

Para definir el alcance del proyecto se utiliza la herramienta SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customer Diagram), como se muestra en la figura 1.2.

El proceso de producción de tapas oval comienza desde que las láminas de hojalata entran al proceso de corte, siguen al proceso de troquelado para dar la forma a las tapas, estas continúan al proceso de engomado y finalmente terminan con el paletizado donde se guardan 760 tapas ovaladas por cajas y se apilan 48 cajas por pallet.



**FIGURA 1.2 DIAGRAMA SIPOC**  
(Fuente: elaboración propia)

#### 1.4. Objetivo General

Reducir el porcentaje de desperdicio de la línea TAOV01 de 1.34% a 1% a través de la metodología Lean Six Sigma implementando DMAIC.

#### 1.5. Objetivos específicos

- Identificar las actividades del proceso de la línea TAOV01 a través de la herramienta VSM.
- Determinar y analizar las principales causas que incrementan el porcentaje de desperdicio de la línea TAOV01, a través de herramientas estadísticas de calidad.
- Implementar y evaluar mejoras al proceso a través de herramientas de manufactura esbelta.
- Establecer controles para mantener el porcentaje de desperdicio de la línea TAOV01 por debajo de la meta a través de un plan de control, estandarización y controles visuales en planta.



## 1.6. Marco Teórico

### **Metodología Lean seis sigma (DMAIC)**

Es una metodología que se divide en 5 fases para obtener el mejoramiento de procesos, cada fase guía el trabajo desde la definición del problema hasta la implementación de las soluciones para asegurar que estas sean sostenibles en el tiempo. Las letras son un acrónimo para las 5 fases de mejoramiento Six Sigma: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar (George et al.,2005)

#### **Definir**

Es la primera fase de la metodología y en esta se define el problema mediante la herramienta 4w+1H, se analiza las necesidades de los clientes a través del VOC y VOP, se determina el alcance del proyecto (SIPOC), definen objetivos y plan de actividades. (George et al.,2005)

#### **Medir**

Es la segunda fase de la metodología y en esta se determinan las diferentes características/variables que podrían influenciar el desempeño del proceso se utiliza la herramienta VSM, se elabora un plan de recolección de datos, que incluya las técnicas de muestreo, intervalos de medición, registros de datos, se realiza el análisis de capacidad y gráficas de control del proceso. (George et al.,2005)

#### **Analizar**

Es la tercera fase de la metodología, y en esta se evalúan los datos recolectados, se utiliza análisis estadísticos, se estima las tendencias del proceso, se identifican y analizan las causas raíces del problema para las mejoras futuras a través de lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, 5 ¿por qué?, matriz de priorización de causas. (Franco & Barone, 2012).

#### **Mejorar**

Es la cuarta fase de la metodología y en esta se proponen soluciones a través de lluvias de ideas, se seleccionan las alternativas que se comprueben ser viables y factibles a través de una matriz de priorización y verificación con GEMBA o datos estadísticos. Se implementan las soluciones a través de la implementación total, escala o simulación. (George et al.,2005)

#### **Controlar**

Es la última fase de la metodología y en esta se desarrollan las estrategias de control, manuales de procesos, y se muestra la situación mejorada con las soluciones implementadas ya sea con análisis de capacidad, cartas de control, etc. En esta etapa se debe mostrar que las soluciones propuestas para el problema son sostenibles en el tiempo. (George et al.,2005)

#### **Diagrama de Pareto:**

El Diagrama de Pareto o también conocida como la regla del 80-20 es una herramienta que se basa en el principio de Pareto que asienta que el 20% de las causas generan el 80% de los efectos. En un gráfico generalmente el eje de las “y” representa la frecuencia de los datos, y el eje de las “x” representan todas las causas. (Montgomery, 2009)

#### **Diagrama de Ishikawa:**

Es una herramienta utilizada para la identificación de las causas-raíces de un efecto/problema analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso. El Diagrama permite categorizar las causas en 6 categorías básicas (Las 6 M's): método, material, mano de obra, medio ambiente, medida, máquina. (Montgomery, 2009)

#### **SIPOC (supply, inputs, process, outputs and customers):**

Es una herramienta que permite ver gráficamente un proceso y los documentos o materiales de entrada y salida, proveedores y clientes que interactúan a lo largo del mismo. Esta herramienta permite definir el alcance y barreras del proyecto. (Montgomery, 2009)

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

Es una herramienta que permite identificar todas las necesidades, expectativas, preferencias de los clientes. Esto ayuda a establecer metas y prioridades en función de los requerimientos del cliente. La información se logra recopilar a través de focus group, entrevistas individuales, investigación contextual, etc. (Montgomery, 2009)

## CAPÍTULO 2

### 2. METODOLOGÍA

El proyecto es desarrollado cumpliendo las fases de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar). En la tabla 2.1 presenta la planificación del proyecto.

Actividades planificadas	
Definir	Entrevistas con los dueños del proceso
	Definir problema - 4W+1H
	Definir Línea Base y Objetivos SMART
	Definir Alcance del proyecto -SIPOC
Medir	Mapeo del flujo del proceso
	Recolección de datos - Plan de recolección de datos
	Valoración de la capacidad y desempeño del proceso
	Declaración enfocada del problema
Analizar	Re-establecer condiciones básicas
	Identificación de causas
	Priorización de causas
	Verificación de causas
	Identificación de causas raíces a través de la herramienta 5 ¿Por qué?
Mejorar	Priorizar soluciones
	Identificar posibles soluciones por causas raíces.
	Desarrollo del plan de implementación de soluciones
	Corridas de prueba de las soluciones
	Cuantificar resultados
Controlar	Desarrollo del Plan de control
	Validación de las estrategias de control
	Control las mejoras
	Resultados finales del proyecto (Mostrar antes y después)

**FIGURA 2.1 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO**  
(Fuente: elaboración propia)

## 2.1. Definir

Para la fase de definir, se recolecta los requerimientos, necesidades y preferencia de los clientes internos, se identifica el problema, alcance, línea base y definen objetivos.

### 2.1.1. Voz del cliente

Para identificar las necesidades y problemas que afectan a los clientes externos e internos de la línea TAOV01 se utiliza la herramienta VOC “Voice Of the Costumers”, que en español significa Voz del cliente, para esto se desarrolla una entrevista de preguntas abiertas donde se consulta los principales problemas que se han evidenciado durante los últimos meses. La entrevista se llevó a cabo a 4 personas que están directamente relacionados a la producción de la línea TAOV01:

- Jefe de planta
- Supervisor de producción de la sección tapas
- Operario de turno I
- Operario de turno II.

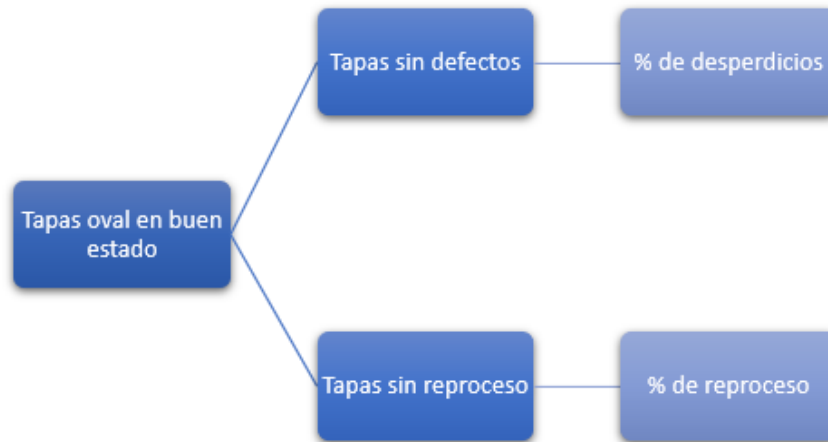
A través de las entrevistas se determinaron los hallazgos detallados en la tabla 1.

**TABLA 1**  
**HALLAZGOS DEL PROBLEMA**

Producto	Cliente	Hallazgo
Tapas ovaladas	Jefe de planta	Existe gran cantidad de tapas ovaladas reprocesadas
	Supervisor de producción de la sección tapas	La línea TAOV01 está incumpliendo con la meta de % de desperdicio mínimo que es 1% equivalente a \$21.315.
	Operario de turno I	Láminas mal cortadas. Láminas descuadradas.
	Operario de turno II	Exceso de tapas con defectos, no se cumple la meta establecida de 1% de desperdicios mensual. Daños en el motor de la línea.

(Fuente: elaboración propia)

Una vez identificados los hallazgos del cliente, estas son traducidas con el CTQ para identificar la variable de respuesta como se observa en la figura 2.2.



**FIGURA 2.2 CTQ DEL PROBLEMA**  
(Fuente: elaboración propia)

La variable de respuesta (Y) para el presente proyecto es el % de desperdicio, que se define con la ecuación 1.1:

$$Y = \frac{\# \text{ total de tapas con defectos}}{\# \text{ total de tapas producidas}} \times 100\%$$

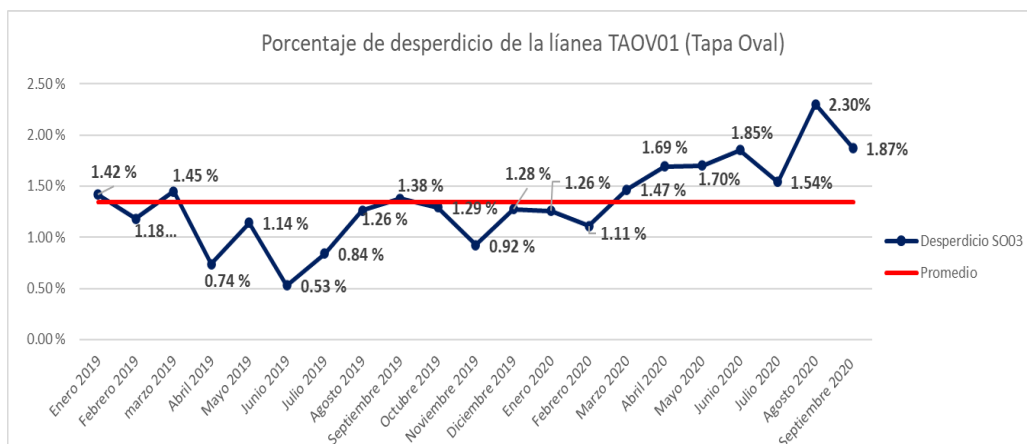
**Ecuación 0.1**

Donde (Y) representa el porcentaje de desperdicio de la línea TAOV01 o porcentaje de tapas con defectos.

### 2.1.2. Validar información con datos históricos

Para validar la información obtenida de las entrevistas, se tomaron los valores históricos del % de desperdicios que ha presentado la línea

TAOV01 desde enero 2019 a septiembre 2020. Los datos muestran un desperdicio promedio de 1.34% de la producción mensual, que representa un costo de \$35,636 (Como se muestra en la figura 2.3)



**FIGURA 2.3 PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE LA LÍNEA TAOV01**  
(Fuente: elaboración propia)

### 2.1.3. Herramienta 4W + 1H

Por medio de la metodología 4W+ 1H se identificó el problema, como se muestra en la tabla 2.

**TABLA 2**  
**IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

PREGUNTA	DESCRIPCIÓN
¿Qué?	El porcentaje de desperdicio
¿Donde?	En la línea TAOV01
¿Cuándo?	Desde el mes de enero del 2019 a septiembre 2020
¿Qué tanto?	El porcentaje promedio de desperdicio es de 1.34%
¿Cómo lo sé?	El objetivo establecido por la empresa es de 1%.

(Fuente: elaboración propia)

*“Desde el mes de enero del 2019 hasta septiembre 2020, el porcentaje de desperdicio de la línea TAOV01 no cumple con el objetivo establecido*

*por la empresa que es 1%. El porcentaje promedio de desperdicio es 1.34%”.*

#### **2.1.4. Establecer línea base**

Reducir el porcentaje de desperdicio del proceso de fabricación de tapas ovaladas en 0.35%, logrando para la empresa un ahorro de \$14.320 a partir del segundo trimestre del año 2021.

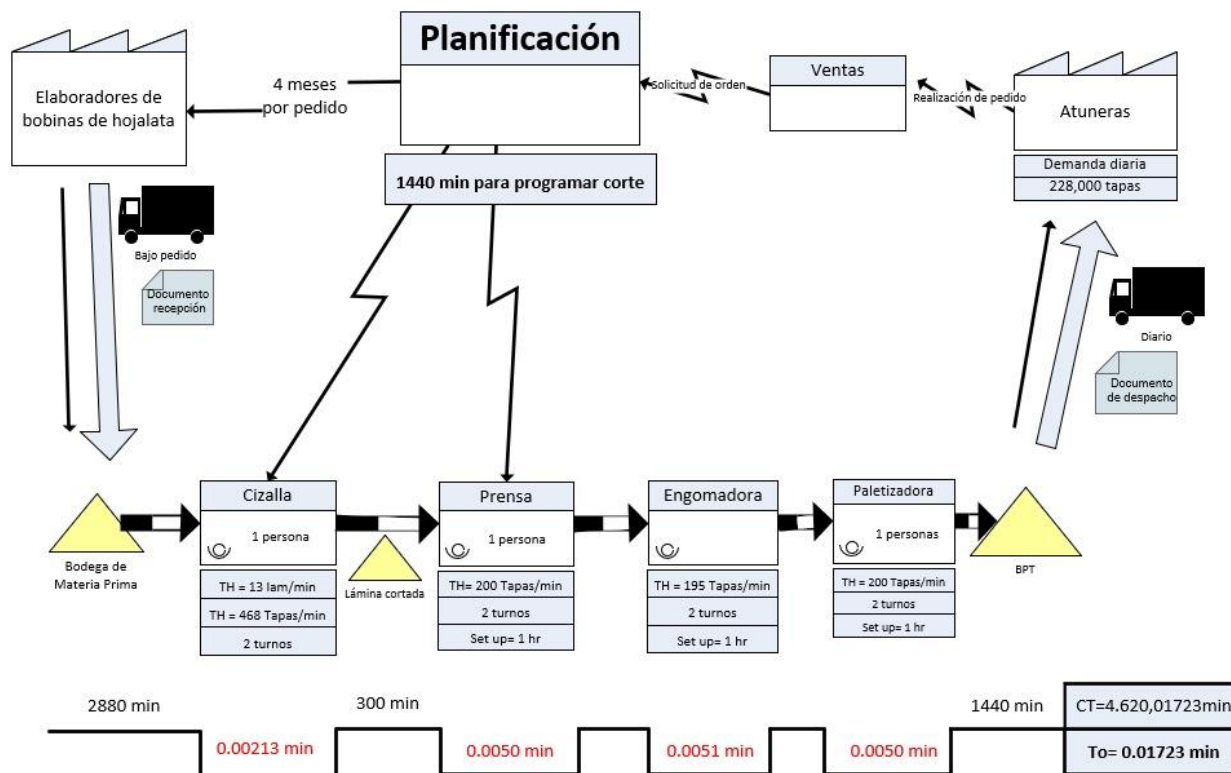
### **2.2. Medición**

En la fase de medición, se recolecta la información más significativa del proceso de elaboración de tapas ovalas y se determinan las diferentes características / variables que podrían influenciar el desempeño del proceso.

#### **2.2.1. Mapeo del proceso**

Para conocer el proceso de fabricación de las tapas oval se utilizó la herramienta VSM, para esto se observó toda la operación de la línea y las acciones de los operadores durante 4 turnos (Gemba). La Figura 2.4 muestra el VSM del proceso actual.

El proceso presenta un tiempo de ciclo de 4.620 minutos equivalente a 3.20 días y To de 0.01723 minutos ya que es un flujo continuo.



**FIGURA 2.4 VSM DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TAPAS OVAL**  
(Fuente: elaboración propia)

### 2.2.2. Plan de recolección de datos

Para identificar las variables que influyen en el proceso de elaboración de tapas oval, se desarrolla el plan de recolección de datos que determina que información, el tipo de dato, la forma en que se va a medir, los factores de estratificación, donde se registrará y quien es el responsable. En base a este plan, se elabora el formato de recolección donde se medirá cada uno de los factores.

El Anexo A muestra el plan de recolección de datos y el Anexo B el formato de recolección de datos de desperdicio de tapa oval FT-TAOV01-03 que será llenado por el operador de turno.



### 2.2.3. Confiabilidad de datos

La confiabilidad de datos se da ya que el propio operario registra el número y tipo de defectos de tapas oval por turno en el formato de desperdicio de tapas oval FT-TAOV01-03 y debe realizar la corroboración de la información registrada, con lo que refleja la pantalla de productos defectuosos. Al finalizar cada turno, la información es registrada en un documento en Excel y socializada al personal de la línea.

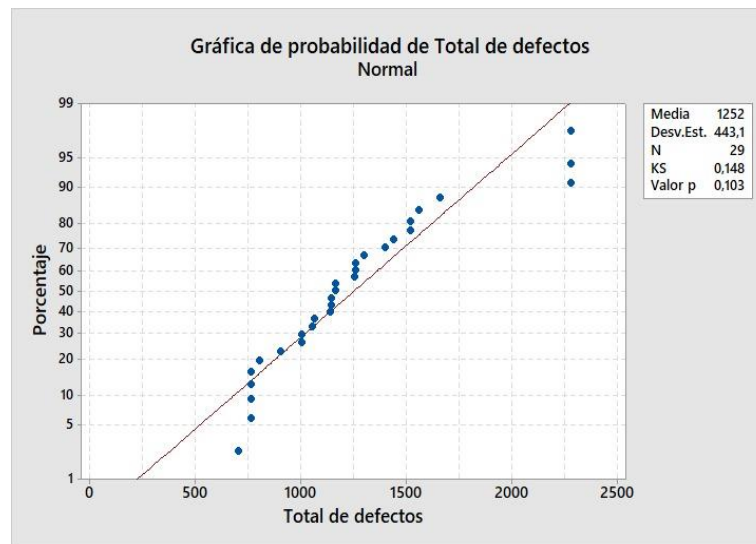
La figura 2.5 muestra un ejemplo del formato de recolección FT-TAOV01-03 completo por un Operario.

CONTROL DE TAPAS OVALES CON DEFECTOS										
Día	Turno	Operario	Tipo de defecto	Ejemplo de defectos de tapas				Total de tapas defectuosas	Total de tapas defectuosas	Firma del operario
				1. No cumple	2. No cumple	3. No cumple	4. No cumple			
28-11-2020	B	Blanca	Defecto		X			500	114000	[Firma]
			Costa			X		760		
29-11-2020	A	Dario	Manchas de agua			X		760	114000	[Firma]
						X		760		
29-11-2020	B	Blanca	No Cumple		X			760	114000	[Firma]
			Hallazgo		X			375		
30-11-2020	A	Dario	Hallazgo		X			400	114000	[Firma]
			Costas		X			760		
30-11-2020	B	Blanca	Hallazgo		X			500	114000	[Firma]
			Costas		X			900		

**FIGURA 2.5 EJEMPLO DEL FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS COMPLETO**  
(Fuente: elaboración propia)

### 2.2.4. Análisis de Estabilidad

Se recolectaron 28 datos equivalentes a un dato por cada turno que se trabajó durante la etapa de medición. A través de la prueba de kolmogorov smirnov se determina si los datos siguen una distribución normal y con un valor p de 0.103 se puede concluir que existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la generación de defectos de la línea sigue una distribución normal tal como se muestra en la figura 2.6.

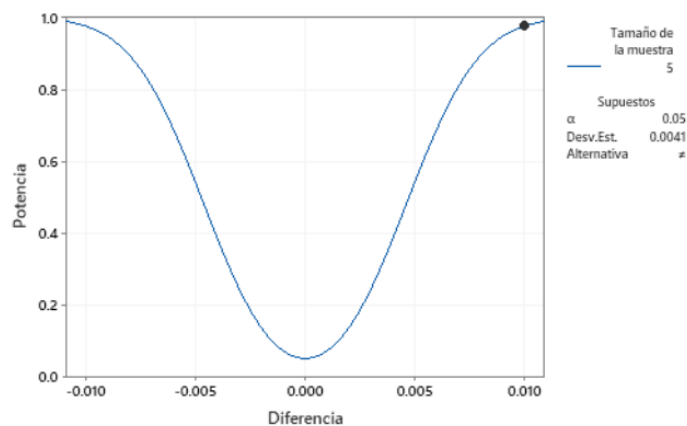


**FIGURA 2.6 GRÁFICA DE PROBABILIDAD DEL NÚMERO DE DEFECTOS**  
(Fuente: elaboración propia)

Para validar la confiabilidad de los datos se analiza la potencia y el tamaño de muestra y a través de minitab se obtiene lo detallado en la figura 2.7.

#### Resultados

Diferencia	Tamaño de la muestra	Potencia objetivo	Potencia real
0.01	5	0.9	0.977226



**FIGURA 2.7 CURVA DE POTENCIA PARA PRUEBA T DE 1 MUESTRA**  
(Fuente: elaboración propia)

Se utilizó una diferencia de 0.01, que es el valor mínimo que tiene consecuencias prácticas para el análisis, un valor de potencia de 0.9 que quiere decir que, si se repite el experimento varias veces, el 90% de las veces la hipótesis nula será rechazada correctamente y una desviación estándar de 0.0041. Dando como resultado un tamaño de muestra de 5 datos.

### 2.2.5. Análisis de Capacidad

Para evaluar el proceso de elaboración de tapas con defectos, se realiza el análisis de capacidad binomial para evaluar que tan bien cumple con las especificaciones el proceso de tapas sin defectos. El proceso refleja 12.539 PPM y un Z de 2.2402 como se muestra en la figura 2.8.

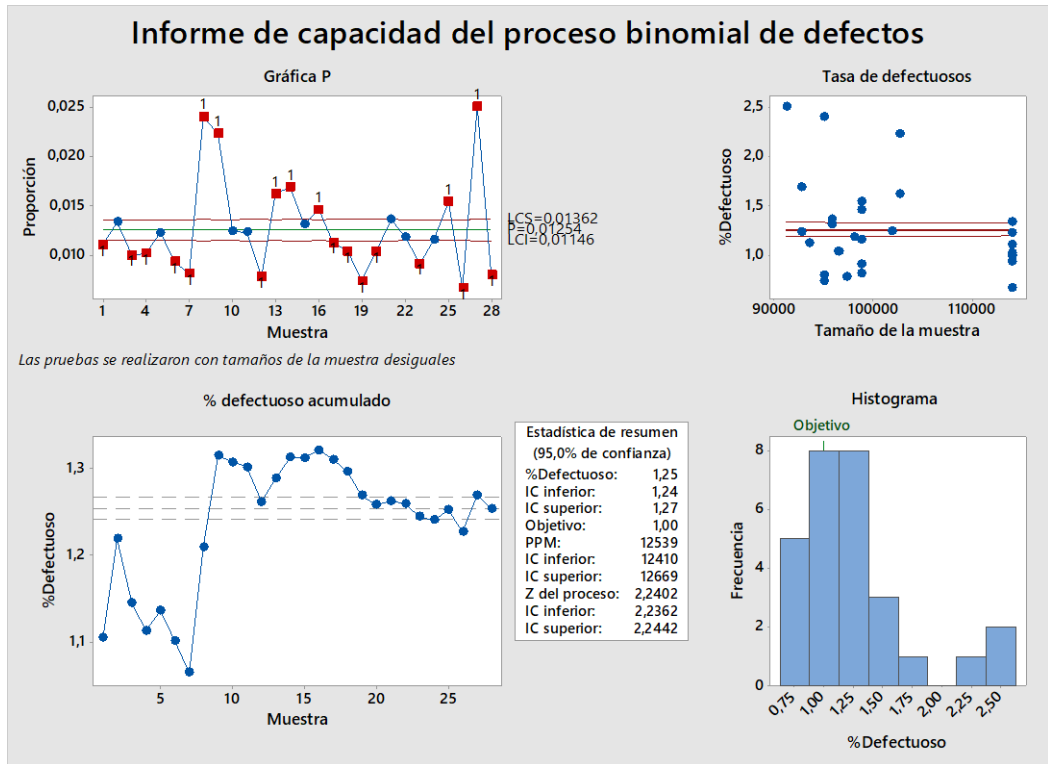
Para determinar el Cpk del proceso se utiliza la siguiente fórmula:

$$Z \text{ del proceso} = 2.24$$

$$\text{Nivel } \sigma = Z \text{ del proceso} + 1.5$$

$$\text{Nivel } \sigma = 2.2402 + 1.5$$

Con Nivel de  $\sigma$  de 3.7402 el Cpk es de 1.250, el cual es un proceso parcialmente y requiere de un control estricto

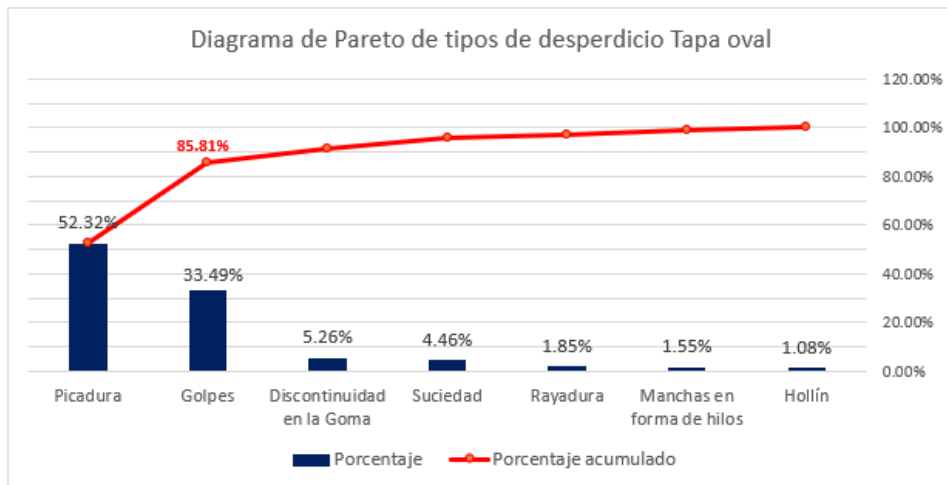


**FIGURA 2.8 INFORME DE CAPACIDAD DEL PROCESO BINOMIAL DE DEFECTOS**

(Fuente: elaboración propia)

### 2.2.6. Declaración de problema enfocado

Los 28 datos recolectados fueron analizados y se determinó que los tipos de defectos: picadura y golpes son los que representan el 84.98% de defectos en la tapa, la gráfica 2.9 presenta la proporción por cada tipo de defecto y la tabla 3 muestra la imagen de los principales tipos de defectos.



**FIGURA 2.9 TIPOS DE DEFECTOS**

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 3  
TIPOS DE DEFECTOS**

TIPOS DE DEFECTOS DE TAPA		
PICADURA EN LA TAPA	GOLPES EN LA TAPA	DISCONTINUIDAD DE LA GOMA
		

(Fuente: elaboración propia)

Los dos principales tipos de defectos serán utilizados para plantear dos problemas enfocados como se muestra en la tabla 4 y 5.

**DECLARACIÓN ENFOCADA 1:**

**TABLA 4  
PROBLEMA ENFOCADO 1**

PREGUNTA	DESCRIPCIÓN
¿Qué?	El porcentaje de desperdicio
¿Cómo?	<i>Picaduras de las tapas</i>

¿Cuál?	52.32%
¿Cuándo?	Desde el mes de enero del 2019 a septiembre 2020
¿Donde?	En la línea TAOV01

(Fuente: elaboración propia)

*“El 52.32% de los defectos de la línea TAOV01 son picaduras de las tapas, las novedades se presentan entre los meses de enero del 2019 a septiembre del 2020 en todos los turnos.”*

## DECLARACIÓN ENFOCADA 2:

**TABLA 5  
PROBLEMA ENFOCADO 2**

PREGUNTA	DESCRIPCIÓN
¿Qué?	El porcentaje de desperdicio
¿Cómo?	<b><i>Golpes de las tapas</i></b>
¿Cuál?	33.49%
¿Cuándo?	Desde el mes de enero del 2019 a septiembre 2020
¿Donde?	En la línea TAOV01

(Fuente: elaboración propia)

*“El 33.49% de los defectos de la línea TAOV01 son golpes en las tapas, las novedades se presentan entre los meses de enero del 2019 a septiembre del 2020 en todos los turnos.”*

## 2.3. Análisis

En esta etapa se identifican las causas potenciales que afectan la variable de respuesta y se realiza la respectiva verificación de causa. Una vez verificadas, se determina las causas raíces.

### 2.3.1. Restablecer condiciones básicas

Antes de iniciar la etapa de análisis, se debe estar seguros de que el equipo se encuentre en condiciones básicas es decir que la limpieza,

lubricación y ajustes de la línea TAOV01 se hayan realizado recientemente.

El Departamento de Operaciones en conjunto al Departamento de Mantenimiento elaboraron el plan de condiciones básicas, el Anexo C muestra mayor detalle de que acción se implementó, la razón por la que se debe implementar, área responsable de la implementación y la foto del lugar de trabajo donde se realizó la acción y el respectivo estado (En proceso, Completada).

El reporte de condiciones básicas fue realizada a la cizalla, troqueladora y engomadora.

### **2.3.2. Identificación de causas potenciales**

Para identificar las causas que afectan la variable de respuesta se procede a realizar una reunión operacional con el equipo de producción para realizar un diagrama de Ishikawa por cada problema enfocado. Las causas potenciales fueron divididas entre 4 categorías: Método, Mano de Obra, Material y Maquina, tal como se muestra en el Anexo D (Diagrama Causa Efecto – Picaduras de tapa) y Anexo E (Diagrama Causa Efecto – Golpes en la tapa)

Las causas semejantes entre sí fueron omitidas dejando solo una.

### **2.3.3. Matiz causa efecto**

Una vez identificadas las causas potenciales de cada problema enfocado, se enlista las causas y el Jefe de Planta, Supervisor de línea y dos operarios realizan una evaluación de las entradas (causas) con respecto a cada una de las salidas (problema enfocado). Para la evaluación se consideró los siguientes valores:

- 0 = Ninguna correlación
- 1 = Correlación muy Remota
- 3= Correlación Moderada
- 9= Correlación fuerte

En las tablas 6 y 7 se muestran el resultado de las evaluaciones de las causas de cada problema enfocado, se utilizó la moda de las calificaciones dadas por el Jefe de Planta, Supervisor de línea y dos operarios.

**TABLA 6**  
**MATRIZ CAUSA EFECTO – PICADURA EN LA TAPA**

MATRIZ CAUSA EFECTO		VARIABLE DE SALIDA Y'S
		% de defectos en la línea TAOV01 por picadura en la tapa
VARIABLES DE ENTRADA X'S	Personal nuevo en la operación de la línea	3
	Mala calibración en el sistema de alimentación de láminas de la troqueladora.	9
	Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración de la troqueladora.	9
	Personal no comunica novedades entre turnos	1
	Bultos muy apretados	3
	Falta de control de medición de corte de tiras de láminas.	9
	Comunicación entre turnos no estandarizada	3
	Desgastes de las barras del sistema de alimentación de láminas	3
	Falta de mantenimiento preventivo a la línea TAOV01	3
	Desgastes en los dedos de arrastres del sistema de alimentación de láminas	3
	Material cortado con distintas medidas	9
	Material ondulado	3

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 7**  
**MATRIZ CAUSA EFECTO – GOLPES EN LA TAPA**

MATRIZ CAUSA EFECTO		VARIABLE DE SALIDA Y'S
		% de defectos en la línea TAOV01 por golpes en la tapa
VARIABLES DE ENTRADA X'S	Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración de la cizalla	9
	Personal no comunica novedades entre turnos	1
	Material cortado (distintas medidas)	3
	Mala adherencia de barniz en láminas	9
	Láminas fuera de especificaciones	3
	Horno descalibrado	9
	Presencia de residuos de esqueleto en el troquel	9
	Falta de mantenimiento preventivo a la línea	1
	Bultos muy apretados	1
	Comunicación entre turnos no estandarizada	1

(Fuente: elaboración propia)



Las causas que se obtuvieron una puntuación de 9 serán verificadas para asegurar su existencia.

### 2.3.4. Verificación de causas

#### PICADURAS EN LA TAPA

**CAUSA 1:** Mala calibración en el sistema de alimentación de láminas

**TABLA 8**  
**VERIFICACIÓN DE CAUSA 1**

Causas Potenciales Xs	Teoría del Impacto	¿Cómo se verifica?	Estado
Mala calibración en el sistema de alimentación de láminas de la troqueladora	Al momento de ingresar las láminas a la troqueladora ingresan de manera errónea lo que genera tapas con picadura	En el Gemba, Go-See (Se observa la manera en que 3 operarios realizan la calibración en el sistema de alimentación)	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

La figura 2.10 muestra una mala calibración por parte del operario lo que genera que la lámina ingrese mal al sistema de alimentación y tenga un mal troquelado como se muestra en la figura 2.11.



**FIGURA 2.10 CALIBRACIÓN EN LA TROQUELADORA**  
(Fuente: elaboración propia)



**FIGURA 2.11 LÁMINA MAL TROQUELADA**  
(Fuente: elaboración propia)

**CAUSA 2:** Falta de control de medición de corte de tiras de láminas

**TABLA 9**  
**VERIFICACIÓN DE CAUSA 2**

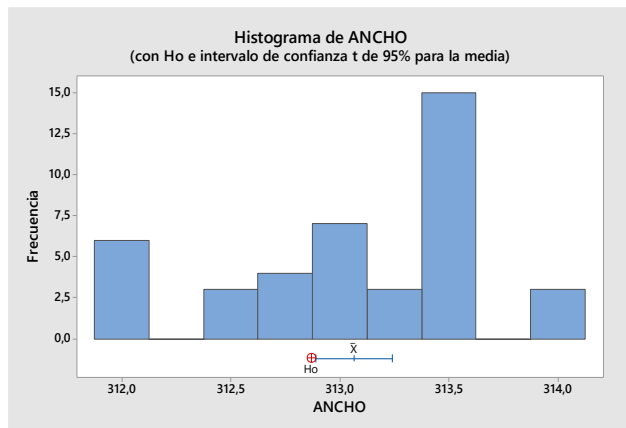
Causas Potenciales Xs	Teoría del Impacto	¿Cómo se verifica?	Estado
Falta de control de medición del corte de tiras de láminas al salir de la cizalla	Al culminar el proceso de corte, no existe un control que evite que pasen láminas fuera de medida al proceso de troquelado	En el Gemba, Go-See (Se observó como es el proceso de cizalla y como pasa las tiras al proceso de troquelado) Recolectar datos para realizar un análisis estadístico T de una muestra, para verificar si existe diferencia de medias entre las medidas que se obtienen de la calibración de los operarios versus la nominal que es 312.87 mm	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

Se evidencio en el Gemba, los operadores del proceso de corte solo realizan una inspección visual del corte de la lámina, sin tener un control de medidas cortadas.

Se recolectó datos de las medidas de las láminas para realizar un análisis estadístico de T de una muestra e identificar si existe diferencia significativa versus la medida nominal que es de 312.87 mm.

La figura 2.12 muestra la diferencia de medias y se observa estadísticamente con un valor de  $p$  0.029 existe suficiente evidencia estadística para concluir que existe diferencia de medias.



T de una muestra: ANCHO

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para $\mu$
41	313,066	0,555	0,087	(312,891; 313,241)

$\mu$ : media de ANCHO

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu = 312,87$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu \neq 312,87$
Valor T	2,26
Valor p	0,029

FIGURA 2.12 INFORME DE CAPACIDAD DEL PROCESO BINOMIAL DE DEFECTOS (Fuente: elaboración propia)

**CAUSA 3:** Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la troqueladora.

TABLA 10  
VERIFICACIÓN DE CAUSA 3

Causas Potenciales Xs	Teoría del Impacto	¿Cómo se verifica?	Estado
Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración de la troqueladora	Los operarios no conocen la manera adecuada de calibración, lo que genera que cada operario calibre con diferentes medidas.	En el Gemba, Go-See (El Supervisor de la línea evaluó a 6 operarios en conocimiento referentes a mantenimiento y calibración a través de una matriz de polivalencias)	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

Para evidenciar la existencia de esta causa, el Supervisor de Operaciones realizó una evaluación al conocimiento de los operarios a través de una matriz de polivalencias como se detalla en la tabla 2.11., la calificación está dada entre 0 a 4, siendo 4 la que refleja que el operario realiza la actividad correctamente y es capaz de enseñar.

Al momento de levantar la información sobre conocimiento y operación del equipo, se pudo observar el puntaje bajo en el mantenimiento 1.17 y calibración de la línea 1.67 como se muestra en la matriz de polivalencias (Tabla 11)

**TABLA 11**  
**MATRIZ DE POLIVALENCIAS**

Matriz de polivalencia de la línea TAOV01										
OPERADOR	CONOCIMIENTO DEL EQUIPO					OPERACIÓN DEL EQUIPO				Promedio por operador
	Prensa de tapa ovalada	Rizadora de tapa ovalada	Engomadora de tapa ovalada	Sistema hidráulico de la línea	Sistema neumático de la línea	Operación del equipo	Calibración de línea	Realización de pruebas de calidad	Mantenimiento de la línea	
OPERADOR 1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3.89
OPERADOR 2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3.00
OPERADOR 3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1.00
OPERADOR 4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1.22
OPERADOR 5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1.00
OPERADOR 6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1.89
<b>Promedio</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.00</b>	<b>2.67</b>	<b>1.67</b>	<b>2.50</b>	<b>1.17</b>	

(Fuente: elaboración propia)

#### CAUSA 4: Material cortado con distintas medidas

**TABLA 12**  
**VERIFICACIÓN DE CAUSA 4**

Causas Potenciales Xs	Teoría del Impacto	¿Cómo se verifica?	Estado
Material cortado con distintas medidas en la cizalla	Existe desgaste en el damper del brazo de alimentación de la cizalla lo que genera un movimiento de la lámina y se corte mal.	En el Gemba, Go-See (Se observa el proceso de la cizalla y la diferencia de medidas de láminas) Recolectar datos para realizar un análisis estadístico T de una muestra, para verificar si existe diferencia de medias entre las medidas que se obtienen de la calibración de los operarios versus la nominal que es 19.09 mm	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

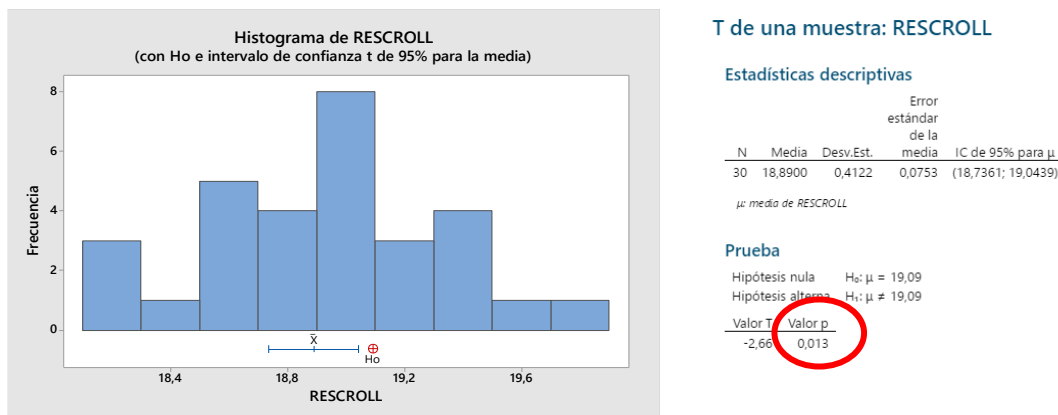
La figura 2.13 muestra como existe una diferencia significativa en el corte de las láminas. Para corroborar esta causa se recolectó datos de las medidas de Rescroll de las láminas para realizar un análisis estadístico de T de una muestra e identificar si existe diferencia significativa versus la medida nominal que es de 19.09 mm.



**FIGURA 2.13 VERIFICACIÓN DE CAUSAS**

(Fuente: elaboración propia)

La figura 2.14 muestra la diferencia de medias y se observa estadísticamente con un valor de p 0.013 existe suficiente evidencia estadística para concluir que existe diferencia de medias.



**FIGURA 2.14 ANÁLISIS T DE UNA MUESTRA**  
(Fuente: elaboración propia)

**GOLPES EN LA TAPA**

**CAUSA 5: Presencia de residuos de esqueleto en el troquel**

**TABLA 13**  
**VERIFICACIÓN DE CAUSA 5**

Causas Potenciales	Teoría del Impacto	¿Cómo se verifica?	Estado
Xs			
Presencia de residuos de esqueleto en el troquel	Al momento de quedar el esqueleto de la lámina después de troquelar, esto se acumula en el troquel y genera tapas golpeadas.	En el Gemba, Go-See (Se observa en el troquel durante dos turnos distintos si se observa presencia de esqueleto)  Recolectar datos para verificar si la presencia de residuos de esqueleto en el troquel genera un impacto.	Cerrado

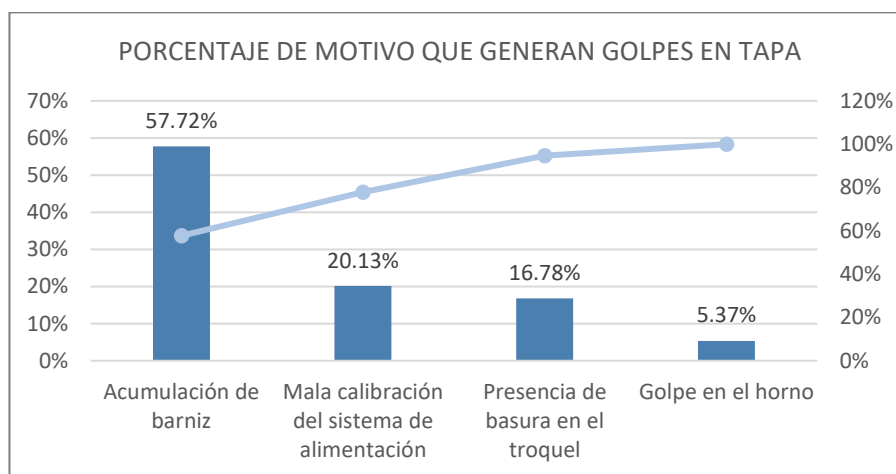
(Fuente: elaboración propia)

La figura 2.15 muestra presencia de residuos de láminas en el troquel de tapa ovalada. Adicional los operarios llevaron un registro de las tapas golpeadas y se realizó un diagrama de Pareto.



**FIGURA 2.15 PRESENCIA DE ESQUELETO EN EL TROQUEL**  
(Fuente: elaboración propia)

El diagrama de Pareto (Figura 2.15) muestra los tipos de causas que generan las tapas con golpes y su respectiva proporción



**FIGURA 2.16 DIAGRAMA DE PARETO GOLPES EN TAPA**  
(Fuente: elaboración propia)

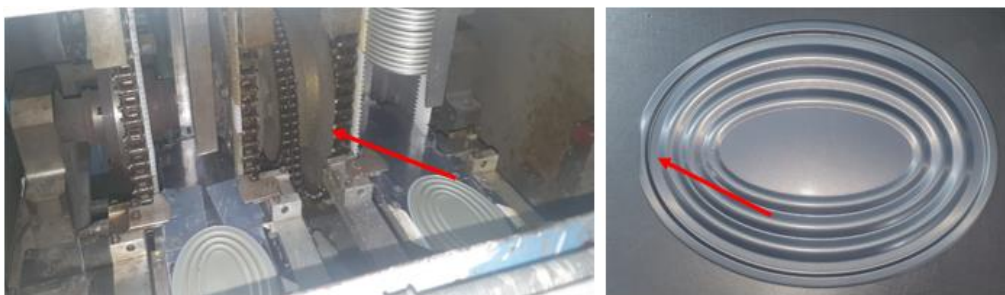
### CAUSA 6: Horno descalibrado

**TABLA 14  
VERIFICACIÓN DE CAUSA 6**

Causas Potenciales Xs	Teoría del Impacto	¿Cómo se verifica?	Estado
Horno descalibrado en la engomadora	Mal ingreso de tapas en la engomadora, lo que genera tapas golpeadas	En el Gemba, Go-See (Se observó en el horno de la engomadora el desgaste de la catalina)	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

La figura 2.17 muestra que existe desgastes en una de las catalinas de transmisión del horno.



**FIGURA 2.17 DESGASTE DE CATALINA DEL HORNO  
(Fuente: elaboración propia)**

### CAUSA 7: Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la cizalla

**TABLA 15  
VERIFICACIÓN DE CAUSA 7**

Causas Potenciales Xs	Teoría del Impacto	¿Cómo se verifica?	Estado
Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la cizalla	Los operarios cortan las láminas sin considerar los parámetros establecidos por falta de conocimiento, lo que genera láminas con diferentes medidas.	En el Gemba, Go-See ( El Supervisor de la línea evaluó a 6 operarios en conocimiento referente a mantenimiento y calibración a través de una matriz de polivalencias)	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

Para evidenciar la existencia de esta causa, el Supervisor de Operaciones realizó una evaluación al conocimiento de los operarios a

través de una matriz de polivalencias como se detalla en la tabla 16., la calificación está dada entre 0 a 4, siendo 4 la que refleja que el operario realiza la actividad correctamente y es capaz de enseñar.

Al momento de levantar la información sobre conocimiento y operación del equipo, se pudo observar el puntaje bajo en el mantenimiento (1.29) y calibración de la línea (1.29).

**TABLA 16**  
**MATRIZ DE POLIVALENCIAS**

Matriz de polivalencia de la línea TAOV01									
OPERADOR	CONOCIMIENTO DEL EQUIPO				OPERACIÓN DEL EQUIPO				Promedio por operador
	Prensa de la cizalla	Sistema de alimentación de la cizalla	Sistema hidráulico de la línea	Sistema neumático de la línea	Operación del equipo	Calibración de línea	Realización de pruebas de calidad	Mantenimiento de la línea	
OPERADOR 1	●	●	●	●	●	○	●	○	1.00
OPERADOR 2	●	●	●	●	●	●	●	●	2.88
OPERADOR 3	●	●	●	●	●	○	●	○	1.00
OPERADOR 4	●	●	●	●	●	●	●	●	3.13
OPERADOR 5	●	●	●	●	●	○	●	○	1.25
OPERADOR 6	●	●	●	●	●	●	●	●	2.88
OPERADOR 7	●	●	●	●	●	○	●	○	1.13
<b>Promedio</b>	<b>1.86</b>	<b>2.00</b>	<b>1.86</b>	<b>1.86</b>	<b>2.86</b>	<b>1.29</b>	<b>2.14</b>	<b>1.29</b>	

(Fuente: elaboración propia)

### CAUSA 8: Mala adherencia de barniz en la lámina

**TABLA 17**  
**VERIFICACIÓN DE CAUSA 8**

Causas Potenciales Xs	Teoría del Impacto	¿Cómo se verifica?	Estado
Mala adherencia de barniz en láminas	Al momento de despegarse el barniz de la lámina, esto se acumula en el troquel y genera tapas golpeadas.	En el Gemba, Go-See (Se observa si existen láminas con mala adherencia de barniz) Recolectar datos para realizar un análisis estadístico de incidencias para tapas golpeadas	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

La figura 2.18 muestra láminas con residuos de barniz, debido al desprendimiento que se da por un mal curado (Las láminas no reposan las 48 horas)





**FIGURA 2.18 LÁMINA CON RESIDUO DE BARNIZ**  
(Fuente: elaboración propia)

### 2.3.5. Análisis de los 5 ¿Por qué?

Para definir las causas raíces asociadas a las causas principales se realiza una reunión operacional con el Jefe de Operaciones, Supervisor de Operación y dos operarios y a través de lluvia de ideas y la herramienta 5 porqués se identifica las causas raíces. La tabla 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 presenta en resultado.

**TABLA 18**  
**5 ¿POR QUÉ? DE LA CAUSA 1**

Xs potenciales	Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Acción
Mala calibración en el sistema de alimentación de láminas de la troqueladora	Por qué existe una mala calibración en el sistema de alimentación de láminas de la troqueladora?	SI	Por qué los operarios no conocen como calibrar la línea?	SI			
	Porque los operarios no conocen como calibrar la línea		Porque no se realizo inducción al iniciar el cargo	NO			
			No existe estandarización de la calibración	→	<b>CAUSA RAÍZ</b>		A través de diseño de experimento determinar las medidas adecuadas.
			Falta de instructivos / procedimientos al alcance de operario	→	<b>CAUSA RAÍZ</b>		Elaborar instructivos/ procedimientos y realizar la capacitación e inducción de los mismos

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 19**  
**5 ¿POR QUÉ? DE LA CAUSA 2**

Xs potenciales	Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Acción
Falta de control de medición de corte de tiras de láminas	Por qué no existe un control de medición de corte de tiras de lámina?	SI	<b>CAUSA RAÍZ</b>				Adquirir el equipo de medición (Digital Body) Generar un registro para controlar corte de láminas
	Porque no hay el equipo de medición de lámina						

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 20**  
**5 ¿POR QUÉ? DE LA CAUSA 3**

Xs potenciales	Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Acción
Material cortado con distintas medidas	Por qué el material es cortado con distintas medidas?	SI	Por qué el brazo de la cizalla esta generando un problema?	SI	Por qué existe desgaste en el clamper del sistema de alimentación?	SI	Plan de mantenimiento autónomo <b>CAUSA RAÍZ</b>
	Porque el brazo de alimentación de la cizalla esta generando un problema		Porque existe un desgaste en el clamper del sistema de alimentación		Porque no existe frecuencia de revisión del brazo del sistema de alimentación		
			Porque existe un mal diseño en el agarre del clamper		<b>CAUSA RAÍZ</b>		Rediseñar el clamper

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 21**  
**5 ¿POR QUÉ? DE LA CAUSA 4**

X potencial	Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Acción
Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la troqueladora	Por qué el personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la troqueladora?	SI					
	Porque no se realizó inducción al iniciar el cargo	NO					
	No existe estandarización de la calibración	→	<b>CAUSA RAÍZ</b>				A través de diseño de experimento determinar las medidas adecuadas.
	Falta de instructivos / procedimientos al alcance de operario	→	<b>CAUSA RAÍZ</b>				Elaborar instructivos / procedimientos y realizar la capacitación e inducción de los mismos.

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 22**  
**5 ¿POR QUÉ? DE LA CAUSA 5**

Xs potenciales	Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4	Hipótesis	Ronda 5	Hipótesis	Acción
Presencia de residuos de esqueleto en el troquel	Por qué existe presencia de residuos de esqueleto en el troquel?		Por qué ingresan láminas descuadradas?		Por qué el material es cortado con distintas medidas?		Por qué el brazo de alimentación de la cizalla esta generando un problema?		Por qué existe desgaste en el clamber del sistema de alimentación?		
	Porque ingresan láminas descuadradas al sistema de alimentación de la troqueladora	SI	Porque el material es cortado con distintas medidas	SI	Porque el brazo de alimentación de la cizalla esta generando un problema	SI	Porque existe un desgaste en el clamber del sistema de alimentación	SI	Porque no existe frecuencia de revisión del brazo del sistema de alimentación	SI	Plan de mantenimiento autónomo
							Porque existe un mal diseño en el agarre del clamber	→	<b>CAUSA RAÍZ</b>		Rediseñar el clamber
					Porque los operarios no conocen como calibrar la línea		Por qué los operarios no conocen como calibrar la línea?				
							Porque no se realizó inducción al iniciar el cargo	NO			
							No existe estandarización de la calibración	→	<b>CAUSA RAÍZ</b>		A través de diseño de experimento determinar las medidas adecuadas.
							Falta de instructivos / procedimientos al alcance de operario	→	<b>CAUSA RAÍZ</b>		Elaborar instructivos / procedimientos y realizar la capacitación e inducción de los mismos.

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 23**  
**5 ¿POR QUÉ? DE LA CAUSA 6**

Xs potenciales	Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Acción
Horno descalibrado	Por qué el horno está descalibrado?	SI	Por qué existe desgaste en la catalina del sistema de transmisión del horno?				
	Porque existe desgaste en la catalina del sistema de transmisión del horno		Porque no existe una frecuencia de revisión del sistema de transmisión del horno		<b>CAUSA RAÍZ</b>		Plan de mantenimiento autónomo

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 24**  
**5 ¿POR QUÉ? DE LA CAUSA 7**

Xs potenciales	Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Acción
Mala adherencia de barniz en láminas	Por qué existe mala adherencia de barniz en laminas?	SI	Por qué no existe suficiente tiempo de reposo?				
	Porque no existe suficiente tiempo de reposo		No existe control sobre el tiempo de reposo de la lámina		<b>CAUSA RAÍZ</b>		Establecer formato de control de liberación de lámina

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 25**  
**5 ¿POR QUÉ? DE LA CAUSA 8**

Xs potenciales	Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 5	Hipótesis	Acción
Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la cizalla	Por qué el personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la cizalla?	SI					
	Porque no se realizó inducción al iniciar el cargo	NO					
	No existe estandarización de la calibración	SI					A través de diseño de experimento determinar las medidas adecuadas.
	Falta de instructivos / procedimientos al alcance de operario	SI					Elaborar instructivos/ procedimientos y realizar la capacitación e inducción de los mismos

(Fuente: elaboración propia)

## 2.4. Mejora

En la etapa de mejora se determinan las soluciones y se desarrolla un plan de implementación con el fin de que estas sean aplicadas.

### 2.4.1. Soluciones Potenciales

Para definir las soluciones se llevaron a cabo dos reuniones operacionales con todo el personal de producción Jefe de Planta, Supervisor de Producción y dos operarios y a través de lluvias de ideas se identificaron las soluciones detalladas en la tabla 26 y 27.

**TABLA 26**  
**SOLUCIONES POR CADA CAUSA RAÍZ (PICADURA DE TAPAS)**

Xs Causas Potenciales	Causas Raíces	Solución
Mala calibración en el sistema de alimentación de láminas de la troqueladora	No existe estandarización de la calibración del sistema de alimentación de la troqueladora.	Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración adecuados del sistema de alimentación.
	Falta de instructivos / procedimientos sobre la calibración correcta del sistema de alimentación de la troqueladora al alcance de los operarios.	Elaborar y difundir instructivos/ procedimientos sobre la correcta calibración del sistema de alimentación.
Falta de control de medición de corte de tiras de láminas	No hay el equipo de medición de lámina	Adquirir el equipo de medición (Digital Body blank gauge ZM-570D), para esto se debe generar un registro para controlar corte de láminas.
Material cortado con distintas medidas	Porque no existe frecuencia de revisión del brazo del sistema de alimentación de la cizalla	Elaborar un plan de mantenimiento autónomo del sistema de alimentación de la cizalla.
	Porque existe un mal diseño en el agarre del clasper	Rediseñar el clasper del brazo de alimentación de láminas de la cizalla.
Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la troqueladora	No existe estandarización de la calibración del sistema de alimentación de la troqueladora.	Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración adecuados del sistema de alimentación.
	Falta de instructivos / procedimientos sobre la calibración correcta del sistema de alimentación de la troqueladora al alcance de los operarios.	Elaborar y difundir instructivos/ procedimientos sobre la correcta calibración del sistema de alimentación.

(Fuente: elaboración propia)

**TABLA 27**  
**SOLUCIONES POR CADA CAUSA RAÍZ (GOLPES DE TAPAS)**

Xs Causas Potenciales	Causas Raíces	Solución
Presencia de residuos de esqueleto en el troquel	Porque no existe frecuencia de revisión del brazo del sistema de alimentación de la troqueladora	Elaborar un plan de mantenimiento autónomo del sistema de alimentación de la cizalla.
	Porque existe un mal diseño en el agarre del clamper	Rediseñar el clamper del brazo de alimentación de láminas de la cizalla.
	No existe estandarización de la calibración del sistema de alimentación de la troqueladora.	Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración adecuados del sistema de alimentación.
	Falta de instructivos / procedimientos sobre la calibración correcta del sistema de alimentación de la troqueladora al alcance de los operarios.	Elaborar y difundir instructivos/ procedimientos sobre la correcta calibración del sistema de alimentación.
Horno descalibrado	Porque no existe una frecuencia de revisión del sistema de transmisión del horno	Plan de mantenimiento autónomo al horno
Personal de la línea no conoce los parámetros de calibración en la cizalla	No existe estandarización de la calibración del sistema de alimentación de la cizalla	Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración del sistema de alimentación de la cizalla.
	Falta de instructivos / procedimientos al alcance de operario sobre la calibración correcta de la cizalla	Elaborar y difundir instructivos/ procedimientos sobre la correcta calibración del sistema de alimentación de la cizalla.
Mala adherencia de barniz en láminas	No existe control sobre el tiempo de reposo de la lámina	Establecer formato de control de liberación de lámina

(Fuente: elaboración propia)

### 2.4.2. Implementación de soluciones

Para implementar adecuadamente las soluciones, se desarrolla un plan de implementación de soluciones que se muestra en el Anexo F (tapas con picaduras) y Anexo G (tapas con golpes), el plan detalla que será implementado, la razón por lo cual es importante, como, donde, cuando y su estado (en proceso o cerrado). Las soluciones implementadas:

#### 1. Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración adecuados del sistema de alimentación de la troqueladora

Para obtener una medida adecuada de la altura de lámina, se realiza el diseño de experimento considerando los factores que influyen en esta:  
Dedos de regla del sistema de alimentación  
vueltas del freno de prensa

Los niveles de cada uno son:

1 mm – 2mm

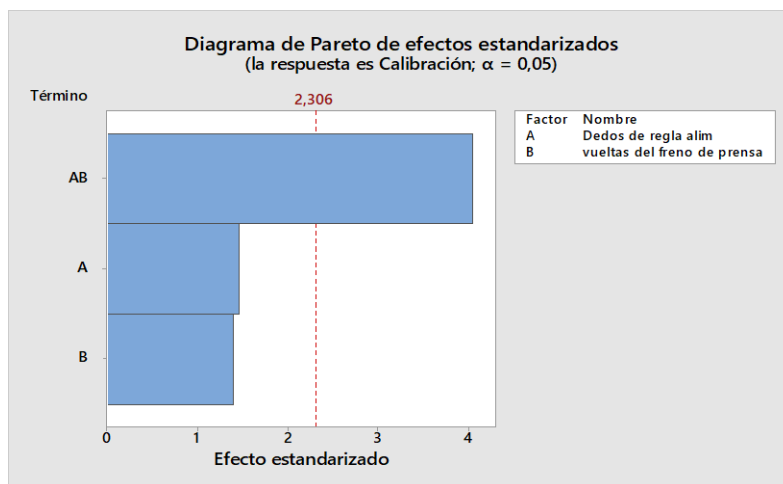
2 vueltas – 3 vueltas

La figura 2.19 muestra al operario ajustando los dedos de la regla de alimentación y dando vuelta al freno de la prensa.



**FIGURA 2.19 CALIBRACIÓN DE LA TROQUELADORA**  
(Fuente: elaboración propia)

Se utilizó un modelo de 2 factores 2 niveles y dio como resultado que los factores Dedos de regla del sistema de alimentación y vueltas del freno de prensa y su relación entre sí afectan significativamente la altura de la lámina (figura 2.20)





### Resumen del modelo

S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,107044	79,33%	71,58%	53,50%

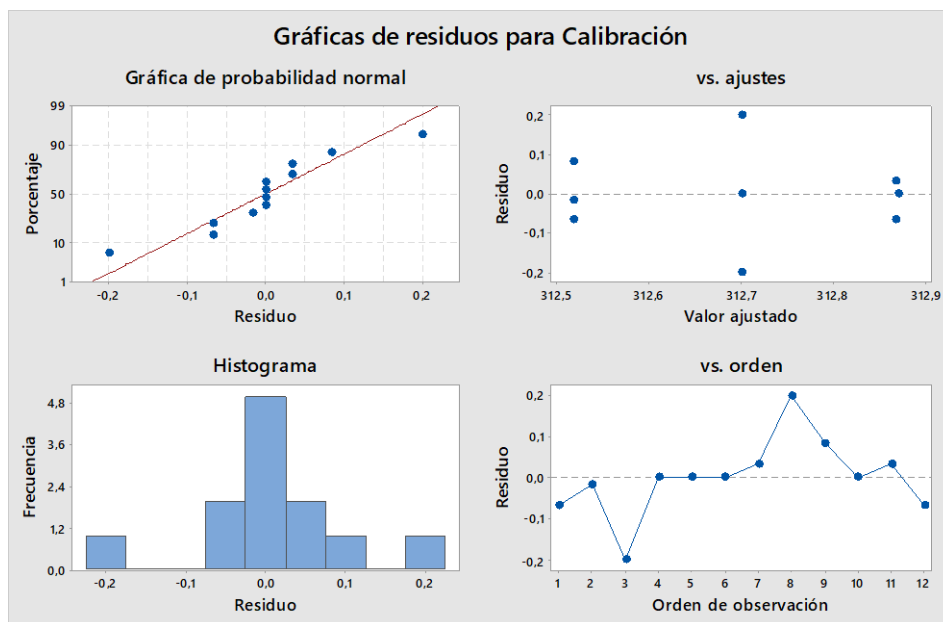
**FIGURA 2.20 RESUMEN DEL MODELO**

(Fuente: elaboración propia)

El modelo propuesto captura el 71,58% (R cuadrado ajustado) de la variación de la variable, tal como se muestra en la figura 2.20

Se analizaron los residuos para comprobar si el modelo es robusto y cumplen los siguientes puntos:

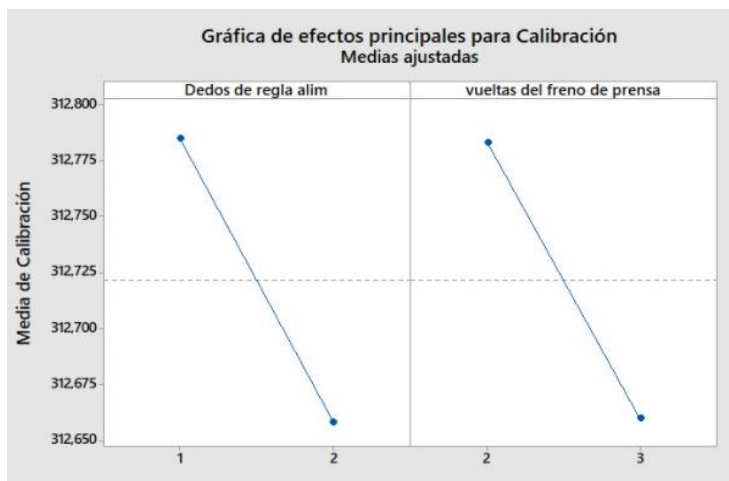
- Los residuos siguen una distribución normal
- Tienen media cero.
- La desviación es igual 1.
- Varianza homogénea
- Independiente en el tiempo



**FIGURA 2.21 GRÁFICA DE RESIDUOS**

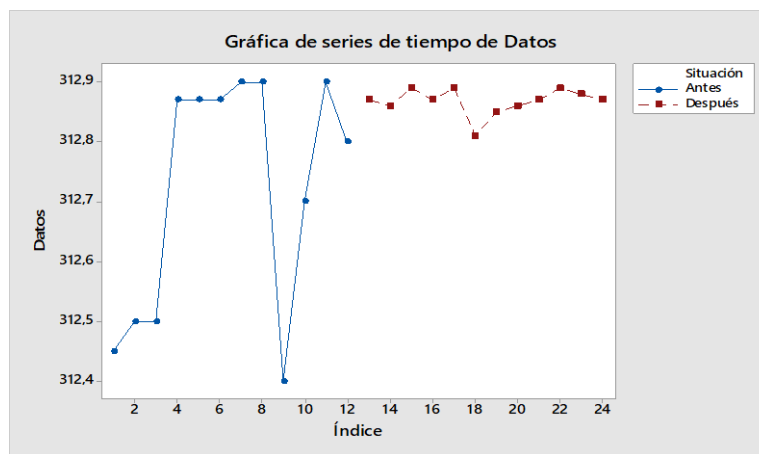
(Fuente: elaboración propia)

El resultado del modelo (Figura 2.22), indica que las medidas adecuadas de los dedos de regla de alimentación son de 1 mm y vueltas del freno de prensa son 2 vueltas.



**FIGURA 2.22 RESULTADO DEL MODELO**  
(Fuente: elaboración propia)

La figura 2.23 muestra una disminución considerable en la media de los valores de la altura de la lámina.

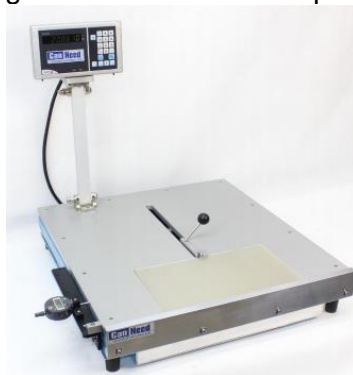


**FIGURA 2.23 ANTES Y DESPUÉS DE USAR PARÁMETROS DEL MODELO**  
(Fuente: elaboración propia)

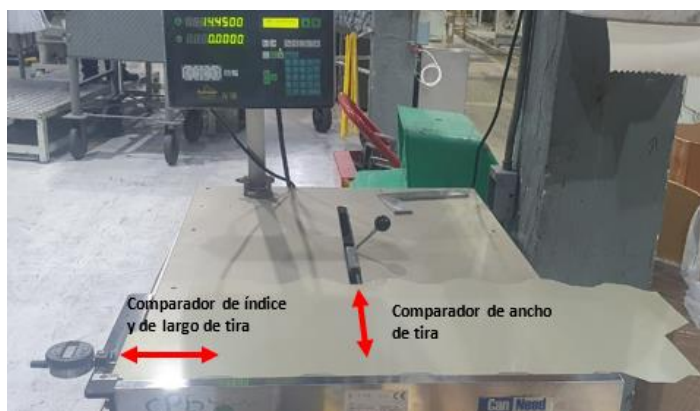
**2. Adquirir el equipo de medición, para esto se debe generar un registro para controlar corte de láminas.**

Como no existe un control de medición de las láminas que salen del proceso de corte en la cizalla, se propone adquirir un equipo de medición para asegurar que la variación de las medidas de corte en cizalla se encuentre dentro de parámetros de largo y ancho. Este requerimiento fue solicitado al departamento de compra para que realice el proceso respectivo, se debe considerar que este equipo cumpla con las necesidades de corte de láminas de hojalata y con dimensiones de máximo 530 mm, una resolución 0,005 mm y precisión de 0.02 mm.

El equipo que se adquiere es el Digital Body blank gauge ZM-570D (Figura 2.24) y la figura 2.25 muestra la implementación.



**FIGURA 2.24 DIGITAL BODY BLANK GAUGE ZM-570D**  
(Fuente: elaboración propia)



**FIGURA 2.25 IMPLEMENTACIÓN DE MESA DE MEDICIÓN**  
(Fuente: elaboración propia)

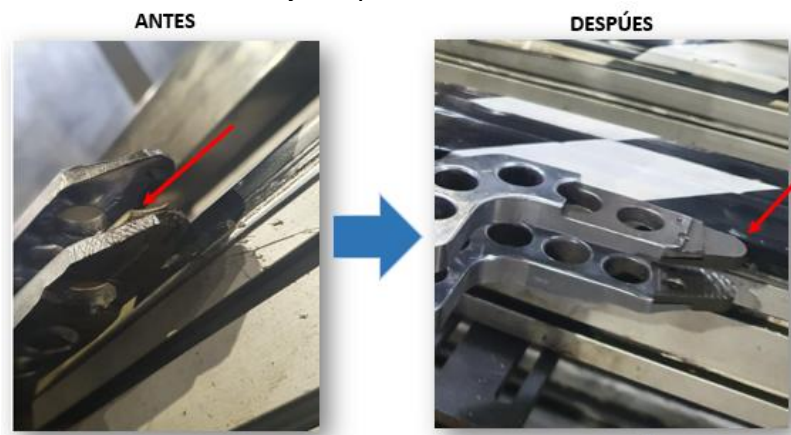
### 3. Elaborar un plan de mantenimiento autónomo del sistema de alimentación de la troqueladora

En conjunto con el Departamento de Mantenimiento se levantó la información de necesidad de mantenimiento preventivo y las incidencias presentadas durante el último año a la línea TAOV01.

El plan de mantenimiento autónomo (Anexo H) considera todos los puntos para reestablecer las condiciones básicas (limpieza, lubricación, etc.), el plan fue revisado y aprobado por el Jefe de mantenimiento.

### 4. Rediseñar el clamper del brazo de alimentación de láminas de la cizalla.

La pieza fue enviada a taller para un rediseño donde se muletaron las puntas, de tal manera que permite un mejor agarre. La figura 2.26 muestra a detalle el antes y después del rediseño.



**FIGURA 2.26 REDISEÑO DEL CLAMPER**  
(Fuente: elaboración propia)

### 5. Elaborar y difundir instructivos/ procedimientos sobre la correcta calibración del sistema de alimentación de la troqueladora.

En base a los resultados obtenidos de las medidas adecuadas para la calibración del sistema de alimentación de la troqueladora se elabora un instructivo que detalla las actividades paso a paso a realizar durante cada calibración. El Anexo I muestra el instructivo.

## GOLPES EN LA TAPA

### 6. Elaborar un plan de mantenimiento autónomo del sistema de transmisión del horno.

En conjunto con el Departamento de Mantenimiento se levantó la información de necesidad de mantenimiento preventivo y las incidencias presentadas durante el último año del horno de la engomadora.

El plan de mantenimiento autónomo (Anexo H) considera todos los puntos para reestablecer las condiciones básicas (limpieza, lubricación, etc.), el plan fue revisado y aprobado por el Jefe de mantenimiento.

### 7. Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración del sistema de alimentación de la cizalla.

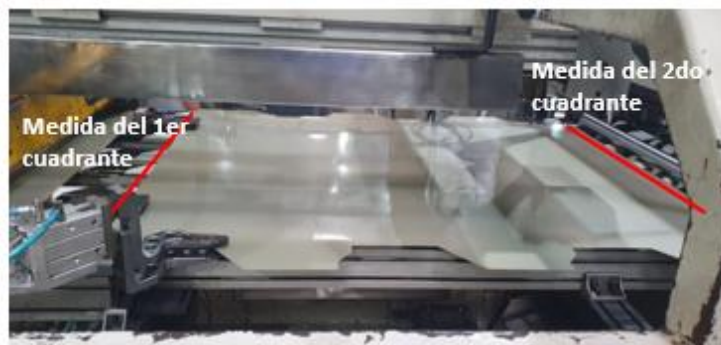
Para obtener una medida adecuada del resroll, se realiza el diseño de experimento considerando los factores que influyen en esta:

- Medida del cuadrante 1
- Medida del cuadrante 2

Los niveles de cada uno son:

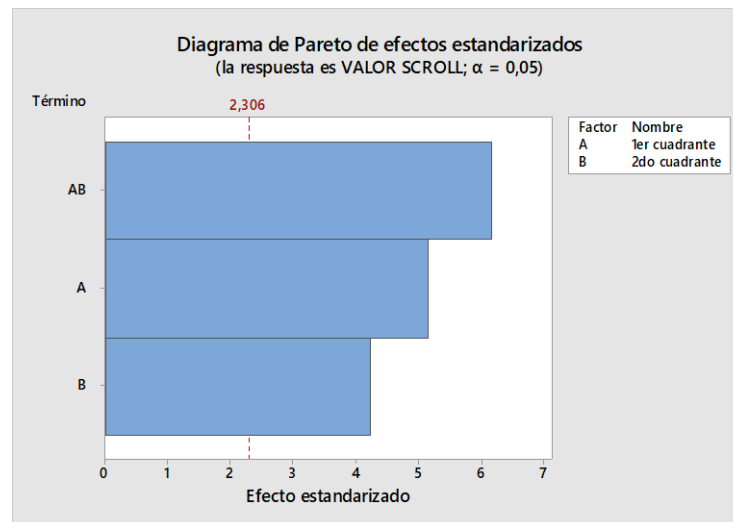
- 12.65 mm – 12.80 mm
- 26.48 mm – 26.50 mm

La figura 2.27 muestra la referencia de los cuadrantes que serán considerados como factores.



**FIGURA 2.27 CALIBRACIÓN DE LA CIZALLA**  
(Fuente: elaboración propia)

Se utilizó un modelo de 2 factores 2 niveles y dio como resultado que los factores de las medidas del primer cuadrante y segundo cuadrante y su relación entre si afectan significativamente la medida del rescroll (figura 2.28)

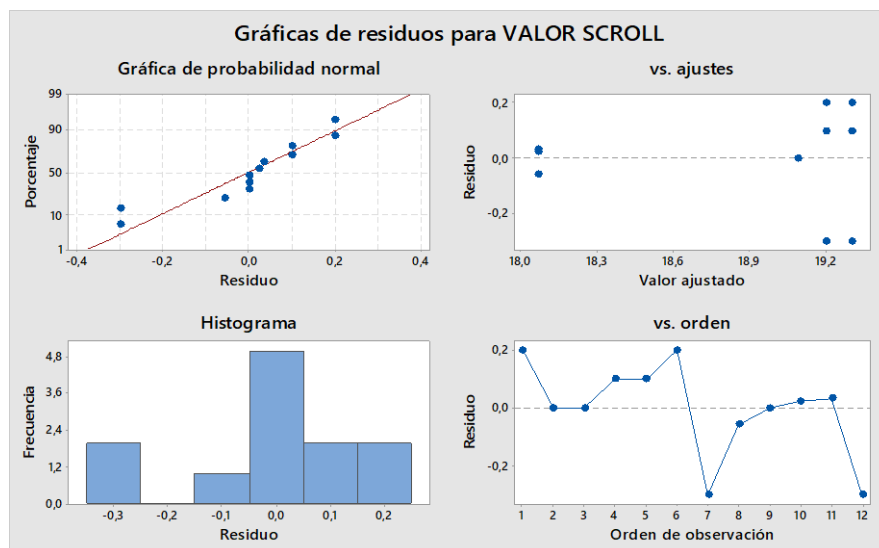


**FIGURA 2.28 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIBRACIÓN DE LA CIZALLA**  
(Fuente: elaboración propia)

El modelo propuesto captura el 87,85% (R cuadrado ajustado) de la variación de la variable y se analizaron los residuos para comprobar si el modelo es robusto y cumplen los siguientes puntos:

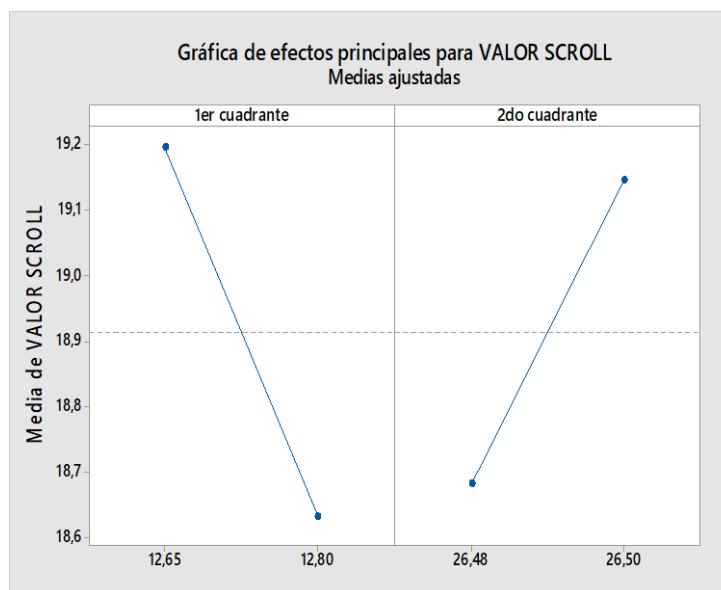
- Los residuos siguen una distribución normal
- Tienen media cero.
- La desviación es igual 1.
- Varianza homogénea
- Independiente en el tiempo

La figura 2.29 muestra las gráficas de los residuos.



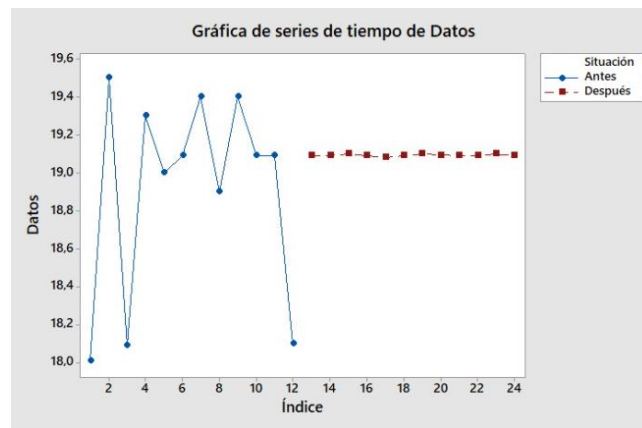
**FIGURA 2.29 GRÁFICAS DE RESIDUOS**  
(Fuente: elaboración propia)

El resultado del modelo (Figura 2.30), indica que las medidas adecuadas del cuadrante 1 es de 12.65 mm y el del cuadrante 2 es de 26.50 mm.



**FIGURA 2.30 RESULTADO DEL MODELO**  
(Fuente: elaboración propia)

La figura 2.31 muestra una disminución considerable en la media de los valores de rescroll de la altura de la lámina.



**FIGURA 2.31 RESULTADO DEL MODELO**  
(Fuente: elaboración propia)

## 8. Elaborar y difundir instructivos/ procedimientos sobre la correcta calibración del sistema de alimentación de la cizalla.

En base a los resultados obtenidos de las medidas adecuadas para la calibración del sistema de alimentación de la cizalla se elabora un instructivo que detalla las actividades paso a paso a realizar durante cada calibración. El Anexo J muestra el instructivo.

## 9. Establecer formato de control de liberación de lámina

Se elaboro un formato de registro sobre la liberación de lámina en la bodega de materia prima que detalla lote de bulto, fecha de producción de lámina, fecha de liberación responsable. (Anexo K) Este será completado por el Operario de la bodega de materia prima.

## 2.5. Control

### 2.5.1. Plan de control de soluciones

Para que las soluciones se mantengan con el tiempo se desarrolla un plan de control de soluciones (Anexo L), este detalla los puntos a considerar para mantener la implementación los responsables y el tipo de control que se realizará.



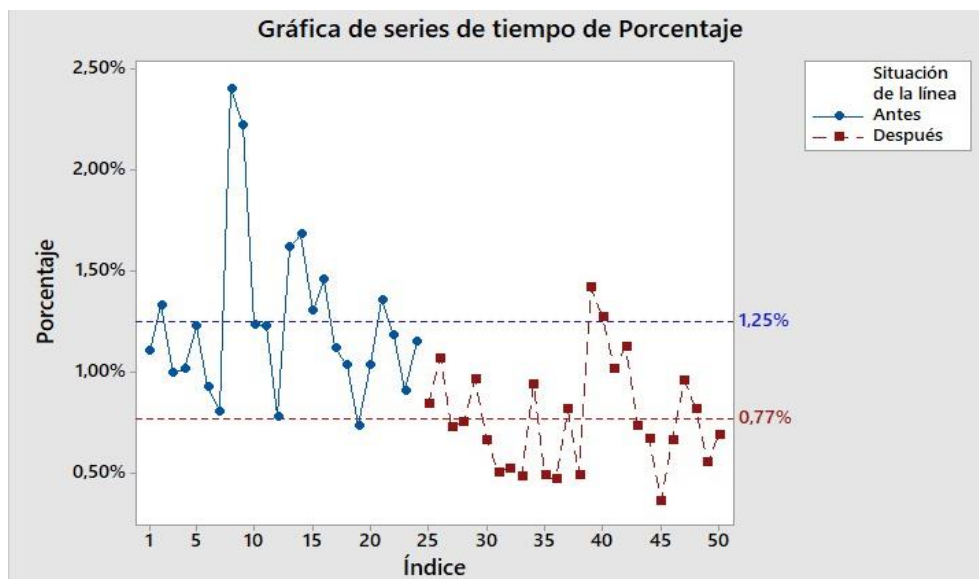
## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Resultado de implementación de soluciones

Una vez implementadas las 9 soluciones, se recolectaron 25 datos y se obtuvo una reducción del porcentaje de desperdicio de 0.75%.

La figura 3.1 muestra la comparación entre los datos que fueron tomados en la recolección de datos y los que se obtuvieron después de la implementación de las soluciones. Los datos 39 y 40 sufren un pico debido a una causa especial de variación que fue provocada por un problema de la línea, sin embargo, este fue atendido a través de los mantenimientos autónomos propuestos.



**FIGURA 3.1 COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE DESEPERDICIO**  
(Fuente: elaboración propia)

Para evaluar el proceso de elaboración de tapas con defectos con las soluciones implementadas, se realiza el análisis de capacidad binomial para evaluar que tan bien cumple con las especificaciones el proceso de tapas sin defectos. El proceso refleja 7,752 PPM y un Z de 2.4204 como se muestra en la figura 3.2.

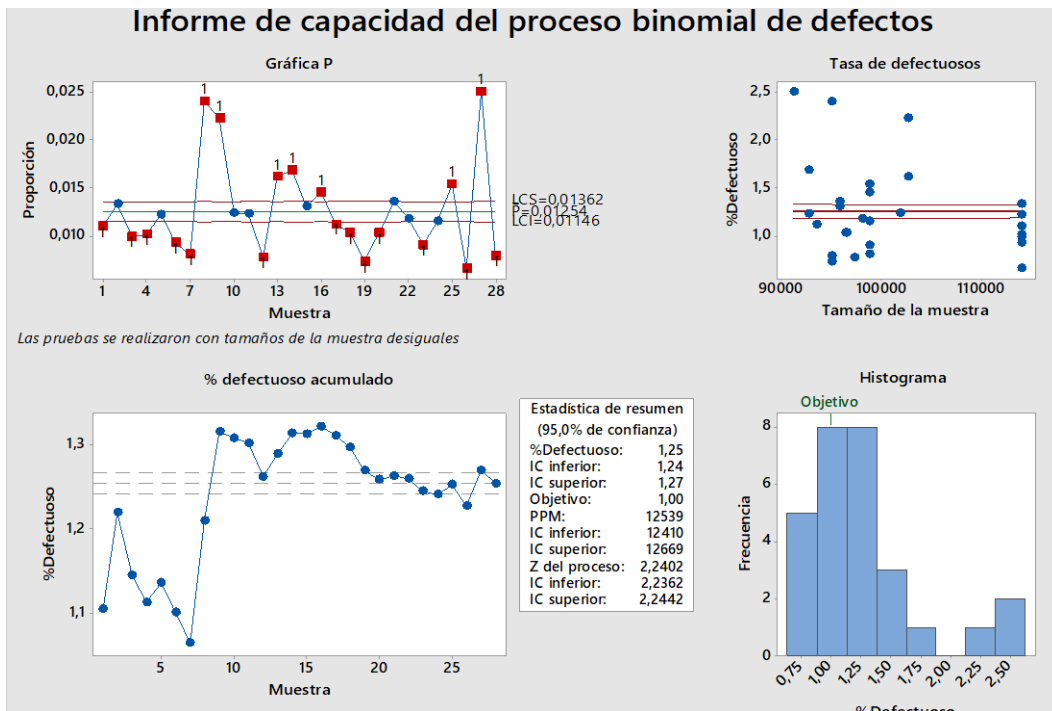
Para determinar el Cpk del proceso se utiliza la siguiente formula:

$$Z \text{ del proceso} = 2.4204$$

$$\text{Nivel } \sigma = Z \text{ del proceso} + 1.5$$

$$\text{Nivel } \sigma = 2.4204 + 1.5$$

Con Nivel de  $\sigma$  de 3.9204 el Cpk es de 1.333, el cual es un proceso adecuado para la operación.



**FIGURA 3.2 INFORME DE CAPACIDAD DEL PROCESO BINOMIAL DE DEFECTOS**

(Fuente: elaboración propia)

## CAPÍTULO 4

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

Se propusieron 9 soluciones con la finalidad de disminuir el porcentaje de desperdicio de tapas de la línea TAOV01 encargada de la elaboración de tapas ovaladas.

El Diseño de experimento para determinar la medida de rescroll ideal indico que la medida de calibración del cuadrante 1 debe ser de 12.65 mm y la del cuadrante 2 de 26.50 mm.

El Diseño de experimento para determinar la medida ideal de la altura de la lámina indico que la medida de los dedos de regla de sistema de alimentación debe ser de 1 mm y dar dos vueltas al freno de la prensa.

Se adquirió un equipo de medición que permite llevar un control de calidad de las láminas antes de ingresar al proceso de troquelado. Este permite que el operario lleve control de la correcta medida de la lámina.

Con la implementación de estas soluciones, se obtuvo una reducción de 1.34% de desperdicio a 0.75% es decir una reducción de \$35,636 a \$19,945 equivalente a un ahorro de \$15.695 mensual.

Las PPM y el valor Z del proceso pasaron de 12,539 y 2.2402 respectivamente a 7,752 y 2.4204 Con esto el Cpk del proceso pasó de 1.250 a 1.333 teniendo un proceso adecuado para la operación.

#### 4.2. Recomendaciones

Se recomienda tener reuniones operacionales al fin de cada semana para mostrar el porcentaje de desperdicio de las tapas que se elaboran en la línea TAOV01.

Se recomienda realizar evaluaciones mensuales a los operarios que son responsable de la calibración del sistema de alimentación de la troqueladora y de la cizalla.

Cumplir al detalle el plan de control de tal manera que estas implementaciones se mantengan con el tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ploytip Jirasukprasert, J. A.-R. (2013). A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. *Emerald*.
- Snee, R. (2010). Lean Six Sigma - getting better all the time. *Emerald insight*, 1(1), 9-29.
- Yilmaz, M., & Chatterjee, S. (2000). Six Sigma Beyond Manufacturing - a concept for robust management. *IEEE Engineering Management Review*, 28(4), 73-80.
- Dedhia, N. S. (2005). Six sigma basics. *Total Quality Management and Business Excellence*, 16(5), 567-574.
- George, M., Rowlands, D., Maxey, J., & Price, M. (2005). *Lean Six Sigma Pocket*. New York: Mc Graw-Hill.
- Franco, E., & Barone, S. (2012). *Statistical and managerial techniques for six sigma methodology*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- G. V. S. S. Sharma, P. S. (2014). A DMAIC approach for process capability improvement. *J Ind Eng Int*.
- Mahadeo M. Narke, C. J. (2020). Value Stream Mapping: Effective Lean Tool for SMEs. *Materials Today: Proceedings*, 1263-1272.
- Freddy G. Pérez Lobo, N. T. (2007). Manufactura esbelta en la PYME. Pequeños cambios grandes resultados. *International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management*, 1281-1289.
- Carvallo Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 52-90.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Datos		Definición operacional			
¿Qué?	Tipos de Datos	¿Cómo Medir?	Factores de estratificación	Muestreo	¿Donde se registra?
% de desperdicios de tapas oval	Discreto	Durante todos los turnos se registra la incidencias de número de tapas con defectos en la línea TAQV01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por etapa de proceso</li> <li>• Tipo de defecto</li> <li>• Por operador</li> <li>• Por turno</li> <li>• Por día</li> </ul>	Se registrará toda la información generada en todas las corridas de producción	Formato de desperdicio de tapas oval FT-TAQV01-03

(Fuente: elaboración propia)

# ANEXO B

## FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS




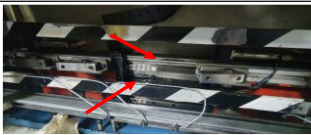
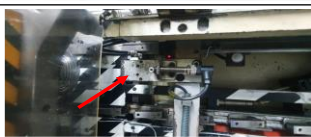




CONTROL DE TAPAS OVALADAS CON DEFECTOS									
Día	Turno	Operador	Tipo de defecto	Tapas con defectos por etapa				Total de tapas con defectos	Total de tapas producidas
				Cizalla	Troquelado	Engomadora	Paleteizado		

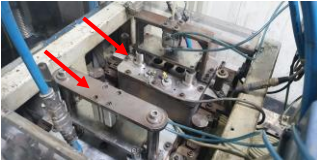

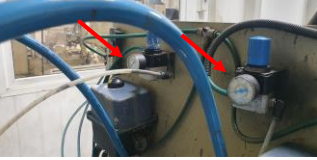
(Fuente: elaboración propia)



## ANEXO C

### CONDICIONES BÁSICAS DE LA LÍNEA

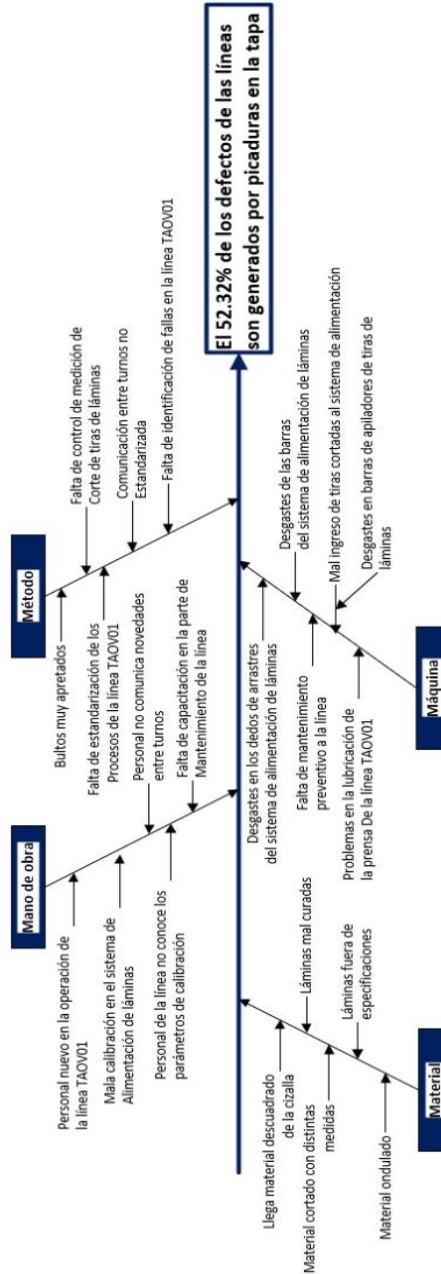
¿Dónde debe implementarse?	¿Dónde deben implementarse?	¿Por qué es importante implementar la	Responsable	Lugar de Trabajo (GEMBA)	Estado
Cizalla	Se requiere comprar nuevas ventosas	Las ventosas no succionan correctamente las láminas, debido a desgastes	Compras		En Proceso
	Se requiere comprar nuevos cilindros	Desgastes de los cilindros cuaradores de láminas	Taller		Proceso
Sistema de alimentación de lámina	Subir platina respaldar de mesa de carga	Existe mucha división en los bultos de cizalla	Taller		Completada
	Cambiar platina de los motores lineales por deterioro y cambio de boquillas graseras por diferencia de medida con los graseros	Desgaste en la platina de la bancada del motor y falta de lubricación	Compras		Completada
	Embocinar la base del vástago guía del freno de lámina y el pasador de la prensa.	Desgaste en base del vástago y del pasador entre el expulsor y el cilindro neumático	Taller		Completada
	Cambio de cilindros por deterioro	Fuga en los cilindros	Compras		Completada
Troqueladora	Cambio de fusible	Desgaste de fusible que existe entre el cigüeñal y el charriot	Taller		Completada
	Reactivar el culer (ventilador extractor de aire) y freno, cambio de filtros y chequear motor.	Recalentamiento del motor	Electricos		Proceso
	Cambiar grapas de las transportadoras de los rizadores	Desgastes de grapas	Mecánicos		Completada

¿Dónde debe implementarse?	¿Dónde deben implementarse las acciones?	¿Por qué es importante implementar la acción?	Responsable	Lugar de Trabajo (GEMBA)	Estado
Engomadora	Cambio del equipo de los cabezales de engomado por desgaste.	Desgaste de la herramienta de los dos cabezales	Taller		Completada
	Rectificar el chavetero de la punta del eje lado "A" del motor M14.	Deformación en el chavetero de la punta del eje	Taller		Completada
	Cambiar el regulador y manómetro a 1 bar	Se tiene un regulador de mayor capacidad "4 bar"	Compras		Completada

(Fuente: elaboración propia)

## ANEXO D

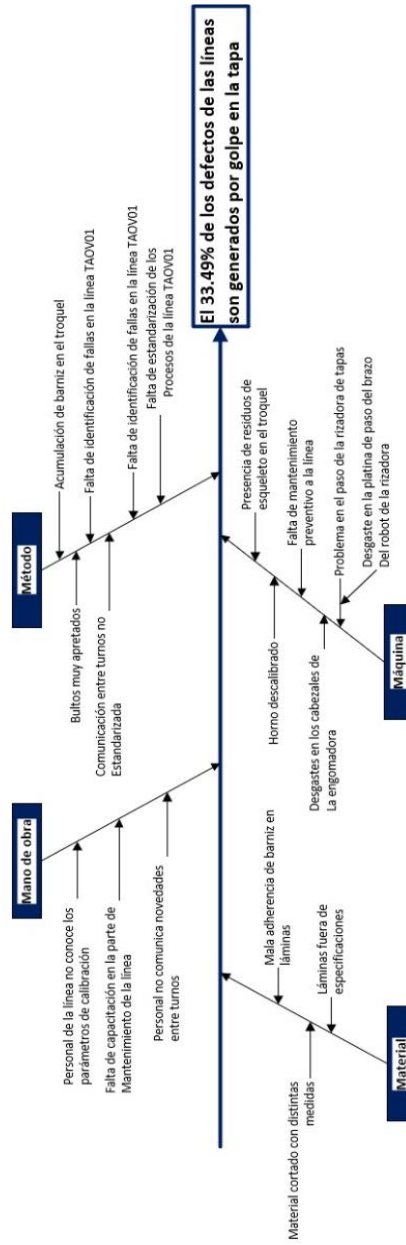
### DIAGRAMA DE ISHIKAWA (PICADURAS DE TAPAS)



(Fuente: elaboración propia)

# ANEXO D

## DIAGRAMA DE ISHIKAWA (GOLPES DE TAPAS)



(Fuente: elaboración propia)

## ANEXO F

# PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES (PICADURAS DE TAPA)

Causas Raíces	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	Estado
No existe estandarización de la calibración del sistema de alimentación de la troqueladora.	Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración adecuados del sistema de alimentación de la troqueladora.	Para obtener las medidas adecuadas para evitar al corte de lámina y a su vez estandarizar las medidas	A través de minitab, se determinarán los factores que influyen para la calibración de línea.	Troquelado	feb-21	Cerrado
Falta de instructivos / procedimientos sobre la calibración correcta del sistema de alimentación de la troqueladora al alcance de los operarios.	Elaborar y difundir instructivos / procedimientos sobre la correcta calibración del sistema de alimentación.	Para que los operarios sepan la manera correcta de calibración	Levantar información con los operarios, proponer las mejores y capacitar a los involucrados.	Línea TAOV01	feb-21	Cerrado
No hay el equipo de medición de lámina	Adquirir el equipo de medición (Digital Body blank gauge ZM-570D), para esto se debe generar un registro para controlar corte de láminas.	Para llevar un control de medición de las láminas que salen de la cizalla y se dirigen a la troqueladora	Gestión con el Departamento de compra para la adquisición del equipo	Cizalla	feb-21	Cerrado
Porque no existe frecuencia de revisión del brazo del sistema de alimentación	Elaborar un plan de mantenimiento autónomo del sistema de alimentación	Establecer frecuencia y actividades de mantenimiento del sistema de alimentación	Levantar información con los operadores y Departamento de Mantenimiento sobre el mantenimiento del sistema de alimentación y establecer frecuencias de revisión, inspección y limpieza.	Troquelado	feb-21	Cerrado
Porque existe un mal diseño en el agarre del clámper	Rediseñar el clámper del brazo de alimentación de láminas de la cizalla.	Para tener un mejor agarre en la alimentación de lámina en la cizalla, de tal manera de evitar movimientos.	Enviar el brazo del clámper al Taller para que elaboren la nueva punta del clámper (reemplazar por pieza amuelada)	Cizalla	feb-21	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

## ANEXO G

### PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES (GOLPES DE TAPA)

Causas Raíces	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	Estado
Porque no existe una frecuencia de revisión del sistema de transmisión del horno	Elaborar un plan de mantenimiento autónomo del sistema de transmisión del horno.	Establecer frecuencia y actividades de mantenimiento del sistema de transmisión del horno.	Levantar información con los operadores y Departamento de Mantenimiento sobre el mantenimiento del sistema de transmisión del horno y establecer frecuencias de revisión, inspección y limpieza.	Engomadora	feb-21	Cerrado
No existe estandarización de la calibración del sistema de alimentación de la cizalla	Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración del sistema de alimentación de la cizalla.	Para obtener las medidas adecuadas para evitar mal corte de lámina y a su vez estandarizar las medidas	A través de minitab, se determinarán los factores que influyen para la calibración del sistema de alimentación de la cizalla	Cizalla	feb-21	Cerrado
Falta de instructivos / procedimientos al alcance de operario sobre la calibración correcta de la cizalla	Elaborar y difundir instructivos/procedimientos sobre la correcta calibración del sistema de alimentación de la cizalla.	Para que los operarios sepan la manera correcta de calibración	Levantar información con los operarios, proponer las mejores y capacitar a los involucrados.	Línea TAOV01	feb-21	Cerrado
No existe control sobre el tiempo de reposo de la lámina	Establecer formato de control de liberación de lámina	Para tener un mejor control de liberación de lámina ( Esta debe de cumplir con 48 horas para evitar desprendimiento de barniz)	Elaborar formato de control de liberación de lámina	Bodega de Materia Prima	feb-21	Cerrado

(Fuente: elaboración propia)

## ANEXO H

### PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA TAOV01

EQUIPO	PARTES DEL EQUIPO	DENOM.	PERIODO	TIPO DE MANTENIMIENTO	EPP	TIEMPO
PRENSA	MESA DE ALIMENTACION	D	DIARIO	SOPLETEAR CON AIRE COMPRIMIDO		5 MIN
	MESA DE ALIMENTACION	Q	QUINCENAL	APLICA FINA CAPA DE GRASA EN TORNILLO SIN FIN Y GUIAS DE RODAMIENTO		30 MIN
	CILINDROS NEUMATICOS	M	MENSUAL	VERIFICAR DESGASTE EN EL VASTAGO		30 MIN
	VENTOSAS	M	MENSUAL	VERIFICAR DESGASTE	GAFAS, GUANTES Y OREJERAS	10 MIN
	MOTORES LINEALES	W	SEMANAL	RETIRAR EXCESO DE GRASA Y BASURA DE LA BANCADA (PRENSA, CHAPA)		1 HORA
	TROQUELES	W	SEMANAL	RETRAR EXCESO DE PELUSA DE LAS HERRAMIENTAS (DESMONTAR PRENSA, CHAPA)		4 HORAS
	SISTEMA VACIO DE TROQUEL	W	SEMANAL	LIMPIEZA DE DUCTOS DE SISTEMA VACIO EN TROQUEL		30 MIN
	SISTEMA DE LUBRICACION	D	DIARIO	VERIFICAR Y COMPLETAR NIVEL DE ACEITE		10 MIN
	RIZADOR	D	DIARIO	RETRAR EXCESO DE PELUSA DE LAS HERRAMIENTAS		1 HORA
	SISTEMA DE VACIO RIZADOR	W	SEMANAL	LIMPIEZA FILTRO Y DUCTOS EN HERRAMIENTAS		1 HORA
RIZADOR	PUNZONES	W	SEMANAL	RETRAR EXCESO DE PELUSA DE LAS HERRAMIENTAS	GAFAS, GUANTES Y OREJERAS	4 HORAS
	SISTEMA DE LUBRICACION	D	DIARIO	VERIFICAR Y COMPLETAR NIVEL DE ACEITE		30 MIN
	GRAPAS TRANSPORTADORAS	W	SEMANAL	VERIFICAR DESGASTE		30 MIN
	TRANSFER	W	SEMANAL	LIMPIEZA GUIAS, DEDOS, BANCADAS Y ELEVADORES		1 HORA
	CABEZALES	M	MENSUAL	CAMBIO DE EMPAQUE Y RETENEDORES		2 HORAS
	MOTOR	M	MENSUAL	VERIFICAR DESGASTE EN CHAVETERO Y ELEVADORES	GAFAS, GUANTES Y OREJERAS	15 MIN
	CILINDROS NEUMATICOS	M	MENSUAL	VERIFICAR DESGASTE EN RETENEDORES VASTAGO		5 MIN
	CATALINAS DEL HORNO	W	SEMANAL	VERIFICAR DESGASTES DEL SISTEMA DE TRANSMISION "CATALINA"		15 MIN
	SISTEMA DE LUBRICACION	W	SEMANAL	APLICAR CON BROCHA ACEITE A CADENA	GAFAS, GUANTES Y OREJERAS	15 MIN
	PINES	W	SEMANAL	VERIFICAR BUEN ESTADO O DESGASTE		15 MIN
PALETIZADO	CANALONES	W	SEMANAL	VERIFICAR BUEN ESTADO O DESGASTE	GAFAS, GUANTES Y OREJERAS	5 MIN

(Fuente: elaboración propia)

# ANEXO I

## INSTRUCTIVO DE CALIBRACIÓN DE LA TROQUELADORA

	PROCEDIMIENTO	Versión	01
	ING-CPE-004	Fecha	02/03/2021
	RESPONSABLE		
	OPERADOR		
OBJETIVO	Definir los pasos para que los operarios calibren de manera adecuada la troqueladora con el fin de evitar tapas con defectos.		
ALCANCE	Este procedimiento aplica para todas las calibraciones del sistema de alimentación de lámina en la troqueladora.		



### 1.1. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE LÁMINA EN LA TROQUELADORA

1.1.1. El operario debe considerar los siguientes puntos:

1.	Calibración de la cantidad de tras de láminas en reserva del sistema de alimentación	
2.	Calibración de la presión de los rodillos del sistema de alimentación de tras de láminas, con la finalidad que quede ajustada los rodillos	

Página 1 de 4

	PROCEDIMIENTO	Versión	01
	ING-CPE-004	Fecha	02/03/2021
	RESPONSABLE		
	OPERADOR		

3.	Calibración del número de vueltas que se debe de girar la fuerza para ajuste de hoja de lámina	
4.	Ajuste de la barra del sistema de alimentación y calibración de los pesos de alimentación	

Página 2 de 4

	PROCEDIMIENTO	Versión	01
	ING-CPE-004	Fecha	02/03/2021
	RESPONSABLE		
	OPERADOR		

5.	Ajuste de altura de la regla inferior del sistema de alimentación	
----	---	---

### 2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

N/A

### 3. REGISTROS Y ANEXOS

N/A

### 4. HISTORIAL DE CAMBIOS

Versión	Resumen de Cambio	Responsable
1	Elaboración del Documento	Josefín Viera

### 5. NIVEL DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Página 3 de 4

(Fuente: elaboración propia)





# ANEXO J

## INSTRUCTIVO DE CALIBRACIÓN DE LA CIZALLA

	PROCEDIMIENTO	Versión	01
	ING-OPR-005	Fecha	02/03/2021
	RESPONSABLE		
	OPERADOR		
<b>OBJETIVO</b>	Definir las bases para que los operarios calibren de manera adecuada la cizalla con el fin de evitar tapas con defectos.		
<b>ALCANCE</b>	Este procedimiento aplica para todas las calibraciones del sistema de alimentación de lámina en la cizalla.		



### 1.1. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE LÁMINA EN LA CIZALLA

1.1.1. El operario debe considerar las siguientes pautas:

1.	Calibración del sistema de alimentación en base a la cantidad de láminas por vueltas.	
2.	Calibración del primer cuadrante con 12.68 mm y el segundo cuadrante con 26.50 mm.	

Página 1 de 3

	PROCEDIMIENTO	Versión	01
	ING-OPR-006	Fecha	02/03/2021
	RESPONSABLE		
	OPERADOR		

3.	Fijación de las reglas laterales.	
4.	Ajustes del clamp 1 y clamp 2.	

### 2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

N/A

### 3. REGISTROS Y ANEXOS

	PROCEDIMIENTO	Versión	01
	ING-OPR-005	Fecha	02/03/2021
	RESPONSABLE		
	OPERADOR		

N/A

### 4. HISTORIAL DE CAMBIOS

Versión	Resumen de Cambio	Responsable
1	Elaboración del Documento	Josepín Viera

Página 3 de 3

Página 3 de 3

(Fuente: elaboración propia)

## ANEXO K

### FORMATO DE LIBERACIÓN DE LÁMINA

REPORTE DE LIBERACIÓN DE LÁMINAS								
Tipo de lámina	Número de Lote	Tipo de corte	Fecha de producción de lámina	Hora de fin de producción	Fecha de liberación	Hora de liberación	Responsable	Cumple reposo de 48 horas
Lámina Tapa Oval	AB1234567	Rescroll	01/02/2021	10:00 a. m.	03/02/2021	10:15 a. m.	Vera	✓

(Fuente: elaboración propia)

# ANEXO L

## PLAN DE CONTROL DE SOLUCIONES

N°	Solución	¿Qué voy a controlar?	¿Porqué voy a controlar?	¿Qué cantidad?	¿Quién lo va a controlar?	¿Cómo lo voy a controlar?	¿Dónde lo voy a controlar?
1	Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración adecuados del sistema de alimentación de la troqueledora.	Que los operarios cumplan con los parámetros de calibración del Sistema de alimentación de la cizalla (1mm en los dedos de regla de sistema de alimentación y 2 vueltas a la prensa) de tal manera que se obtenga la medida ideal de la altura de la lámina.	Para que la lámina sea troqueleada de tal manera que se evite tapas con defectos.	El 100% de las calibraciones de benser realizadas en función de los datos obtenidos en el diseño de experimento	Operario	Inspecciones visual de los parámetros de calibración y etiquetado con los parámetros de calibración en la máquina.	En la troqueledora
2	Elaborar y difundir instructivos/ procedimientos para la calibración del sistema de alimentación.						
3	Ajustar el equipo de medición (Digital Body blank gauge ZM 5700), para esto se debe generar un registro para controlar conte de láminas.	La medida del conte de lámina antes de pasar al proceso de troqueleado	Para evitar láminas mal cortadas que generen tapas con defectos.	1 tra cada media hora.	Operario	A través del formato de medición de lámina el operario debe llevar un registro de la medición de medición de lámina el operario (blank gauge ZM 5700)	Reportes del formato de medición de lámina el operario
4	Elaborar un plan de mantenimiento autónomo del sistema de alimentación.	El cumplimiento del mantenimiento autónomo del sistema de alimentación de la línea	Evitar desgastes en piezas o daños que generen un mal ingreso de la tapa y esta sea golpeada.	100% del cumplimiento del mantenimiento autónomo	Supervisor de Producción	El Operario encargado del mantenimiento deberá colocar un visto a los trabajos realizados en la pizarra de mantenimientos según lo que especifique el plan de mantenimiento autónomo.	En la pizarra de mantenimiento
5	Realizar el climpor del brazo de alimentación de láminas de la cizalla.	El estado del climpor (desgasto, en buen estado)	Evitar que la pieza se dañe o se desgaste		Supervisor de Producción	A través de la matriz de condiciones básicas	En la Cizalla
6	Elaborar un plan de mantenimiento autónomo del sistema de transmisión del horno.	El cumplimiento del mantenimiento autónomo del sistema de transmisión del horno	Evitar desgastes en el horno y genera un mal ingreso de la tapa y esta sea golpeada.	100% del cumplimiento del mantenimiento autónomo	Supervisor de Producción	El Operario encargado del mantenimiento deberá colocar un visto a los trabajos realizados en la pizarra de mantenimientos según lo que especifique el plan de mantenimiento autónomo.	En la pizarra de mantenimiento
7	Realizar un diseño de experimento para determinar los parámetros de calibración del sistema de alimentación de la troqueledora.	Que los operarios cumplan con los parámetros de calibración del Sistema de alimentación de la troqueledora. Las medidas adecuadas del cuadrante 1 es 12.65 mm y del cuadrante 2 es 26.50 mm.	Para que la lámina sea cortada con la altura ideal de tal manera que se evite tapas con defectos.	El 100% de las calibraciones de benser realizadas en función de los datos obtenidos en el diseño de experimento	Operario	Etiquetado con los parámetros de calibración en la máquina.	En la Cizalla
8	Elaborar y difundir instructivos/ procedimientos para la calibración del sistema de alimentación de la cizalla.						
9	Establecer formas de control de liberación de lámina	Que se cumplan las 48 horas de reposo de la lámina en la bodega de materia prima.	Para evitar de ser pendiente del bami de la lámina.	100% de buto de lámina	Bodguero	A través del formato de control de liberación de lámina	Reportes del formato de liberación de lámina

(Fuente: elaboración propia)