



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**“Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para reducir  
el nivel de desperdicios en el área de extrusión de una fábrica  
procesadora de empaques plásticos flexibles”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

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

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentada por:**

**Ingrid Elizabeth Vacacela Tigreiro**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme alcanzar un logro más, a mi mamá por su apoyo incondicional; a Bryan M, por haberme incentivado a tomar la maestría.

A los profesores que me dejaron buenas enseñanzas y experiencias; a mi tutora, por brindarme la guía necesaria en el desarrollo de este proyecto y a la empresa porque ha confiado en mí para aplicar los conocimientos aprendidos.

## DEDICATORIA

La ejecución de este proyecto  
está dedicado a mi familia, mi  
novio y docentes.

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**María Laura Retamales, MSc.  
DIRECTORA DE PROYECTO**

---

**María Denise Rodríguez., Ph.D.  
VOCAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

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

---

Ingrid Elizabeth Vacacela Tigrero

## RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en una empresa fabricante de empaques plásticos flexibles, con el objetivo de reducir los niveles de desperdicio en el área de extrusión, y poder mantener un flujo eficiente en su operación.

La metodología utilizada comprendió herramientas de manufactura esbelta y el uso del AMFE, iniciando con el levantamiento del flujo del proceso con los usuarios claves para identificar las características de la operación, posterior se utilizó la herramienta AMFE para identificar las fallas potenciales en el proceso, y con el uso en paralelo del Ishikawa se obtuvieron las causas que contribuyen al efecto "altos niveles de desperdicio". Con el uso de la herramienta AMFE y calificando en función a la gravedad, ocurrencia y nivel de detección, se obtuvieron las causas con mayor NPR, las cuales se validaron de forma cuantitativa o cualitativa respectivamente.

La verificación de causas permitió identificar aquellas que fueron potenciales y posteriormente, con el uso de los 5 por qué, realizado con el equipo del proyecto, se llegó a la causa raíz del problema.

Una vez identificada la causa raíz, se realizaron sesiones de trabajo con el equipo para poder plantear soluciones y controles que mitiguen la causa raíz y por ende, contribuyan a disminuir los niveles de desperdicio del área. Con la selección de propuestas de mejora bajo un análisis de esfuerzo impacto, se organizó un plan para la implementación de las propuestas de mejora.

Se realizó una prueba piloto durante 21 días, para ejecutar las propuestas de mejora, que contribuyeron a una mejor planificación de la producción porque se mejoró el plan de programación mediante la incorporación de información clave y la inclusión de una macro en Excel, que permitía organizar la secuencia de las órdenes que ingresaban a la planificación. De forma visual permitió al planificador un mejor seguimiento, y recomendación del orden en que se deben liberar las órdenes.

Así mismo, la elaboración y actualización de instructivos para poder efectuar capacitación al personal sobre la manera correcta de realizar las configuraciones en máquina y como poder hacer revisiones preventivas, fueron parte de las propuestas que se llevaron a cabo, dejando información clave impresa en los tableros del personal.

La comunicación fue una parte clave en el proceso, por lo cual, se mantuvieron reuniones de seguimiento para tomar acción en las observaciones que se presentaban para la planificación o la ejecución de las actividades del personal.

Durante la prueba piloto, se obtuvo la reducción de los niveles de desperdicio del área 1 de 8.47% a 5.90%, es decir, una reducción del 30.34%. El ahorro por disminución del desperdicio ejecutada la prueba piloto fue de \$6.207,64 mensual y si las propuestas se replican en el área 2, se estima lograr un ahorro de \$10,104.08 mensual.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	III
SIMBOLOGÍA.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Definición del problema u oportunidad.....	6
1.3 Objetivos .....	6
1.3.1 Determinación del valor objetivo.....	6
1.3.2 Objetivo general .....	7
1.3.3 Objetivos Específicos .....	7
1.4 Descripción de la metodología.....	7
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Levantamiento de información del proceso.....	9
2.2 Revisión del desperdicio por máquina .....	11
2.3 Diagrama de Ishikawa .....	12
2.4 Análisis modal de fallos y efectos AMFE .....	13
2.5 5 por qué .....	19
2.6 Propuestas de mejora.....	20
2.7 Desarrollo de propuestas de mejora .....	22
2.7.1 Establecimiento de criterios para la planificación de la producción y controles visuales.....	22
2.7.2 Elaboración de instructivos para la ejecución de revisiones preventivas en máquina por el personal de planta.....	26
2.7.3 Estandarización del procedimiento para la preparación y configuración de parámetros en máquina .....	27
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
3.1 Monitoreo de resultados .....	28
3.2 Planificación de la producción .....	32
3.3 Elaboración de instructivos y capacitaciones .....	34
3.4 Impacto financiero .....	34
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
4.1 Conclusiones.....	36
4.2 Recomendaciones.....	36
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ABREVIATURAS

AMFE	Análisis Modal de Fallos y Efectos
D	Detección
G	Gravedad
NPR	Número de prioridad del riesgo
O	Ocurrencia
PET	Polietileno

## SIMBOLOGÍA

KG	Kilogramos
Gr	Gramos
Gr/mic	Gramos/micras

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cadena de valor de la empresa .....	2
Figura 1.2 Desperdicio acumulado por centros de trabajo – año 2021.....	3
Figura 1.3 Cálculo porcentaje desperdicio semanal.....	4
Figura 1.4 Porcentaje de desperdicio semanal área de extrusión .....	5
Figura 1.5 Definición del problema usando 3W + 2H .....	6
Figura 2.1 Flujo del proceso de extrusión .....	9
Figura 2.2 Distribución del desperdicio mensual por máquina – año 2021 .....	11
Figura 2.3 Pareto – Desperdicio por máquinas extrusoras.....	11
Figura 2.4 Diagrama de Ishikawa “Altos niveles de desperdicio” .....	12
Figura 2.5 Escala de valoración para el criterio de Gravedad .....	14
Figura 2.6 Escala de valoración para el criterio de Ocurrencia .....	14
Figura 2.7 Escala de valoración para el criterio de Ocurrencia .....	15
Figura 2.8 AMFE para el proceso de extrusión .....	16
Figura 2.9 Causas de fallo con mayor NPR .....	17
Figura 2.10 Clasificación del desperdicio .....	17
Figura 2.11 Porcentaje de desperdicio por motivos de fallo en máquina.....	18
Figura 2.12 5 por qué analizado por cada causa verificada.....	19
Figura 2.13 Propuestas de mejora .....	20
Figura 2.14 Priorización de propuestas de mejora .....	20
Figura 2.15 Actividades para identificar criterios en la planificación .....	22
Figura 2.16 Actual registro de información de órdenes .....	23
Figura 2.17 Prototipo de ingreso de información para el planificador .....	24
Figura 2.18 Actividades para implementación de revisiones preventivas en máquina.....	26
Figura 3.1 Comportamiento de los niveles de desperdicio EP-08 y EP-09.....	28
Figura 3.2 Comportamiento del nivel de desperdicio EP-09.....	29
Figura 3.3 Comportamiento del nivel de desperdicio EP-08.....	29
Figura 3.4 Comportamiento histórico desperdicio semanal EP-08 y EP-09.....	30
Figura 3.5 Comparación del porcentaje de reducción en las máquinas EP-08 y EP-09 ...	31
Figura 3.6 Comparación del porcentaje de reducción total en máquinas extrusoras.....	32
Figura 3.7 Comparación de órdenes programadas en diferentes tiempos .....	33
Figura 3.8 Comparación entre órdenes fabricadas – julio y agosto 2021 .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de los centros de trabajo.....	3
Tabla 2 Escenarios de reducción para valor objetivo .....	6
Tabla 3 Actividades del proyecto .....	7
Tabla 4 Agrupación por formulación .....	23
Tabla 5 Ahorro estimado en el área de extrusión.....	35

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

La empresa donde se desarrolló el proyecto está ubicada en la ciudad de Guayaquil. Iniciando sus actividades en el año 1987, es una compañía dedicada a la fabricación de empaques plásticos flexibles en presentaciones de fundas, mangas y rollos, para productos alimenticios de la industria nacional y de exportación, destacados por brindar un servicio de calidad y asesoría técnica a sus clientes. En el año 2000 la empresa obtuvo la certificación ISO 9001, ratificando su compromiso con la calidad y servicio con el cliente.

El macroproceso de la cadena de valor se presenta en la Figura 1.1:



**Figura 1.1 Cadena de valor de la empresa**

Fuente: Autor

La cadena de valor inicia receiptando el pedido del cliente a través del departamento de ventas, registrando la información del producto para que el planificador, en función a la capacidad de la planta, defina la fecha de entrega del producto. Una vez confirmado el pedido con el cliente, se ingresa al sistema para que el planificador registre la información en el programa de producción, genere las órdenes de trabajo y las entregue a los jefes de cada centro de trabajo según la ruta de fabricación del producto.

Con las órdenes de fabricación, en cada centro de trabajo se gestiona el egreso de los materiales y preparación de las máquinas previo arranque del proceso. Al inicio de la corrida, se obtiene una muestra que se entrega al área de calidad para verificar que las condiciones de operación permiten obtener un producto en proceso conforme. Este control se realiza en cada etapa del proceso hasta obtener el producto terminado.

En cada centro de trabajo, el personal de planta registra en el sistema y en reportes físicos la información por cada orden de trabajo referente a la cantidad de materia prima utilizada, la producción conforme, la cantidad de desperdicio generada y los tiempos de operación. Cuando se ha completado el pedido y se encuentra en la bodega de producto terminado, el área de Servicio al cliente coordina la logística de entrega al cliente final.

La fábrica labora 24 horas al día, divididas en tres turnos y la producción está organizada en dos áreas físicas, nave 1 y nave 2. Los procesos que se llevan a cabo son extrusión, impresión, laminado, corte y sellado distribuidos como se detalla en la Tabla 1:

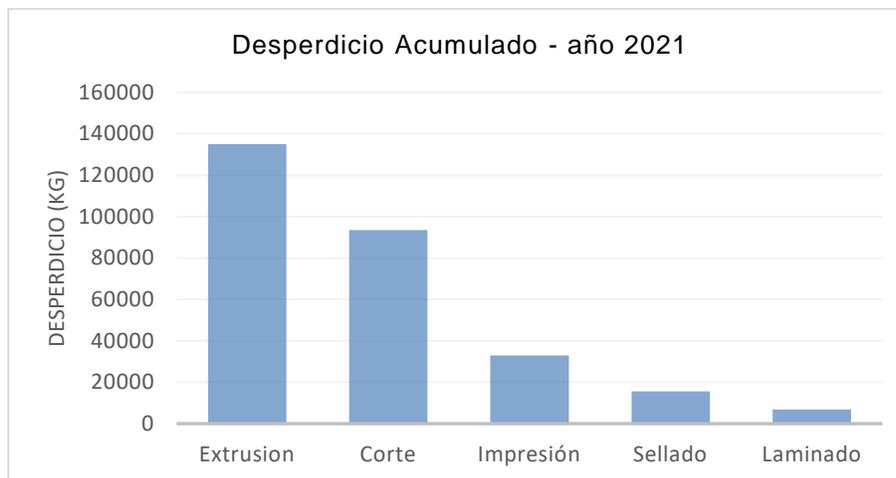
**Tabla 1**  
**Distribución de los centros de trabajo**

Ubicación	Centros de trabajo	Máquinas
Nave 1	Extrusión Impresión Laminado Corte Sellado	2 extrusoras 4 impresoras 2 laminadoras 5 cortadoras 1 selladora
Nave 2	Extrusión Sellado	5 extrusoras 2 selladoras

Fuente: Empresa

En el 2021, la empresa ha aumentado la cantidad de desperdicios en sus procesos productivos; como consecuencia, el personal percibe que los tiempos de corrida de la producción son mayores y en algunos casos no se puede completar el pedido en el tiempo planificado y por ende, no se cumple con la fecha comprometida de entrega. Cuando no se puede fabricar un pedido en la empresa, se gestiona la maquila del producto, sin embargo, las gerencias consideran necesario revisar los procesos de planta para tomar acciones que mejoren y reduzcan los desperdicios

En la Figura 1.2 se observa la cantidad de desperdicio acumulado desde la semana 1 a la semana 23 del año 2021. Como es evidente, el área de extrusión registra un valor de desperdicio mayor con respecto a los demás centros de trabajo:



**Figura 1.2 Desperdicio acumulado por centros de trabajo – año 2021**

Fuente: Autor

El proceso de extrusión consiste en el moldeado del plástico por el efecto de presión y empuje a través de un dado o abertura del equipo. La materia prima es el polietileno de diferentes clases: de peso molecular alto y medio, industrial, de alto desempeño, lineal y de uso general. El polietileno o también conocido como PET, ingresa a la máquina y se convierte en una burbuja grande que pasa por rodillos para tomar la forma deseada y se almacena en core o bobinas de cartón cortadas a la medida necesaria para convertirse en producto terminado o producto en proceso.

El proceso de extrusión lo conforman 7 máquinas, no todas tienen la misma capacidad de procesamiento, por lo que, dependiendo del tipo de producto solicitado se organiza la operación en cada una de ellas. Como indicador de control, se revisa por semana la cantidad de toneladas producidas por nave, porcentaje de desperdicio, y el balance de masa (kg entrada, kg procesados conformes y kg de desperdicio).

El registro de la cantidad de materia prima, la producción conforme y el desperdicio generado, se realiza pesando el material en balanzas de piso ubicadas en cada estación de trabajo e ingresando la información en el sistema de producción. El balance de masas que se realiza por orden de fabricación consiste en validar que la cantidad de material que ingresa es igual a la cantidad de producción conforme más la cantidad de desperdicios.

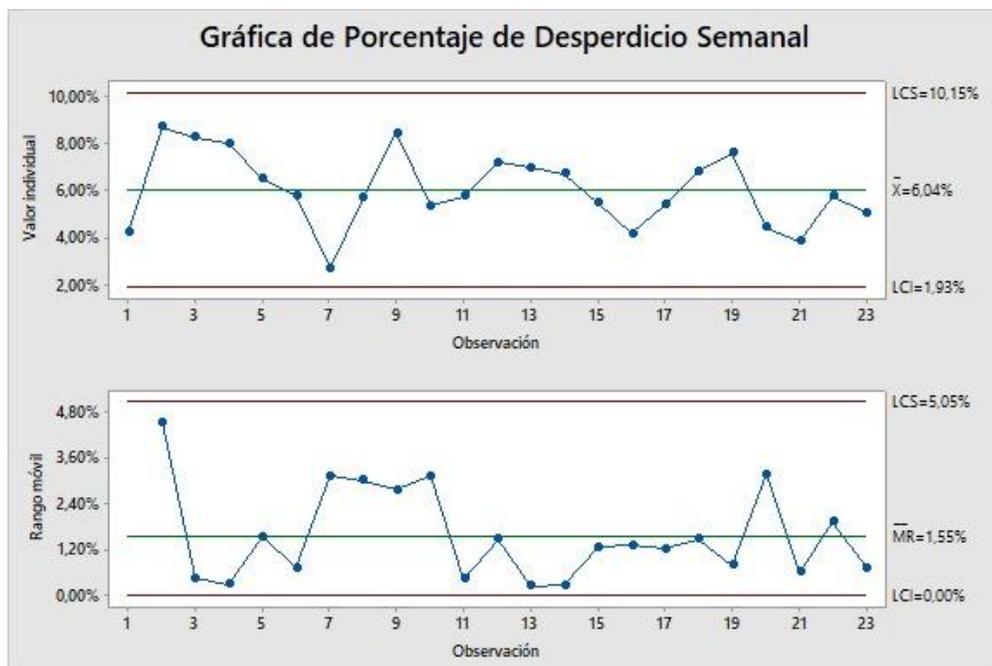
El porcentaje de desperdicio semanal se calcula dividiendo la cantidad de desperdicio obtenido sobre la cantidad de materia prima utilizada en el área para las órdenes planificadas en el periodo de tiempo según se muestra en Figura 1.3:

$$\% \text{ Desperdicio semanal} = \frac{\sum \text{kg desperdicio de las órdenes de fabricación de la semana}}{\sum \text{kg materia prima de las órdenes de fabricación de la semana}} \times 100$$

### **Figura 1.3 Cálculo porcentaje desperdicio semanal**

Fuente: Empresa

En la Figura 1.4 se visualizan los porcentajes de desperdicio semanal registrados durante el año 2021:



**Figura 1.4 Porcentaje de desperdicio semanal área de extrusión**

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Figura 1.4 el valor promedio de desperdicio semanal es de 6.04% con una variación dentro de los límites de control. Sin embargo, el objetivo de la empresa es ir reduciendo mediante acciones de mejora el promedio del desperdicio semanal del área.

El desperdicio que se genera depende de diferentes factores, tales como las especificaciones del producto a procesar, la materia prima a utilizar, los cambios de trabajo a realizar, la máquina utilizada en la operación, la experiencia del operario, entre otros.

De acuerdo con la estimación del área contable, el costo por procesar 1 kg de material en el área de extrusión es de \$0.42, y el costo promedio del kg de materia prima es de \$1.15, por lo que, tomando como referencia el desperdicio promedio semanal del año 2021, equivalente a 5237 kg, el costo total promedio por desperdicio semanal para 1 kg es de USD \$8222.09 en el área de interés.

El análisis e identificación de mejoras es de interés de todo el equipo, ya que han mencionado que a pesar de las diferentes acciones que han puesto en marcha, no han logrado reducir la media actual del proceso.

Como el objetivo es disminuir el valor promedio de desperdicios del área, esta reducción impactará de forma positiva en algunos aspectos como: aumento de la disponibilidad de las máquinas extrusoras, de manera que se pueda procesar mayor cantidad de pedidos en la planta y no se envíen a maquilar, así mismo, mantener tiempos de respuesta controlados y en menor tiempo para el cliente, entre otros, y sobre todo un ahorro que se podrá alcanzar en función al costo de oportunidad del desperdicio.

## 1.2 Definición del problema u oportunidad

Mediante el uso de la herramienta 3W + 2H resumida en la Figura 1.5 se formuló el problema que presenta el área de extrusión:

<b>WHAT?</b>	•Alto nivel de desperdicio
<b>WHERE?</b>	•en el área de extrusión
<b>WHEN?</b>	•desde la semana 1 del año 2021 (hasta el inicio de este proyecto -sem 23)
<b>HOW MANY?</b>	•6.04% desperdicio semanal
<b>HOW DO I KNOW?</b>	•Se ha logrado obtener 2.70% desperdicio semanal en el 2021

**Figura 1.5 Definición del problema usando 3W + 2H**

Fuente: Autor

Problema declarado: Existen altos niveles de desperdicios en el área de extrusión desde la semana 1 del año 2021 de producción, registrando un promedio semanal del 6.04%, sin embargo, en el mismo periodo de tiempo se ha conseguido generar un desperdicio semanal del 2.70%. La decisión de la gerencia es poder mantener un desperdicio promedio semanal del 4.53%

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Determinación del valor objetivo

Se analizaron tres escenarios de reducción de la variable porcentaje de desperdicio y de acuerdo con lo indicado por la empresa, se desea trabajar bajo un escenario conservador que se observa en la Tabla 2:

**Tabla 2**  
**Escenarios de reducción para valor objetivo**

	Mejor valor	2.70%	
	Promedio	6.04%	
	Escenarios		
	Peor	Conservador	Mejor
% reducción	15%	25%	50%
Reducción	0.91%	1.51%	3.02%
Objetivo	5.14%	4.53%	3.02%

Fuente: Autor

### 1.3.2 Objetivo general

Reducir la cantidad de desperdicios en el área de extrusión, mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, en una empresa procesadora de empaques plásticos flexibles de 6.04% a 4.53% en promedio semanal.

### 1.3.3 Objetivos Específicos

- Levantamiento de información del proceso del área de extrusión
- Identificación de causas mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta.
- Implementación de propuestas de mejora para reducir los niveles de desperdicio.
- Verificación de los resultados obtenidos luego de la implementación.

### 1.4 Descripción de la metodología

La metodología usada en el proyecto se basa en la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, organizada en 4 etapas que se muestran en la Tabla 3:

**Tabla 3**  
**Actividades del proyecto**

Objetivos	Actividades
<b>1. Levantamiento de información del proceso</b>	1. Representación gráfica del flujo del proceso de extrusión
<b>2. Identificación de causas mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta.</b>	1. Elaboración de Ishikawa para identificación de causas potenciales.
	2. Desarrollo de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE).
	3. Verificación de causas potenciales mediante herramientas cuantitativas o cualitativas.
	4. Identificación de causas raíz con el uso de 5 por qué
<b>3. Implementación de propuestas de mejora para reducir los niveles de desperdicio.</b>	1. Definición y selección de propuestas de mejora.
	2. Implementación de las propuestas de mejora y controles definidos.
<b>4. Verificación de resultados antes y después de la implementación</b>	1. Seguimiento a las mejoras implementadas
	2. Evaluación de resultados obtenidos en los niveles de desperdicio antes y después de la implementación

Fuente: Autor

## **Levantamiento de información del proceso**

Una vez declarado el problema, se realiza el levantamiento y diagramación del flujo del proceso, receptando la voz de los clientes internos, es decir, el personal de planta, jefes de área, planificadores, como actores claves; pues toda mejora no podría realizarse sin las personas (Sayer & Williams, 2007).

## **Identificación de causas mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta**

El equipo designado por la empresa mediante talleres grupales realiza el Ishikawa, enlistando las posibles causas que generan los altos niveles de desperdicios (Gutiérrez P. & de la Vara S, 2009). En esta actividad se identifican condiciones básicas de operación, las cuales se informan y corrigen, y aquellas que estén relacionadas a procesos operativos que se deban profundizar, y ser analizadas mediante el AMFE.

El AMFE es una herramienta que permite identificar las fallas potenciales de un producto o proceso en función a su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan; se cuantifican y jerarquizan para establecer acciones y atenderlas (American Society for Quality, 2003). Aplicado en procesos es de utilidad para detectar fallas en la producción, generando una ventaja para anticiparse a los efectos que pueden provocar en el área o en procesos posteriores.

Posterior, es importante realizar verificación de causas, que pueden ser mediante el uso de herramientas cuantitativas o cualitativas, de manera de identificar aquellas que sean potenciales y a partir de éstas, mediante el uso de los 5 por qué con el equipo del área, se identificará la causa raíz del problema (Gutiérrez P. & de la Vara S, 2009).

## **Implementación de propuestas de mejora para reducir los niveles de desperdicio.**

Con la identificación de la causa raíz, es importante definir junto con los actores claves, las soluciones y controles que contribuyan a disminuir los niveles del desperdicio. Con la identificación y selección de las propuestas de mejora, que deben estar orientadas a ser de menor esfuerzo implementarlas y de alto impacto su beneficio, se comienza con la implementación, que debe estar acompañada con capacitaciones al personal, así se asegura la correcta transferencia de conocimientos y aplicación de procedimientos estándar.

## **Verificación de resultados antes y después de la implementación**

Los resultados obtenidos se comparan con la situación inicial en función a el porcentaje de desperdicios del área. La metodología propuesta, permite reducir el nivel del desperdicio, que impacta en los costos de la operación; mediante la implementación de controles, capacitación y sobre todo creando disciplina. El desperdicio siempre es inherente a todos los procesos, sin embargo, la combinación de las herramientas propuestas contribuirá a los objetivos del proyecto.

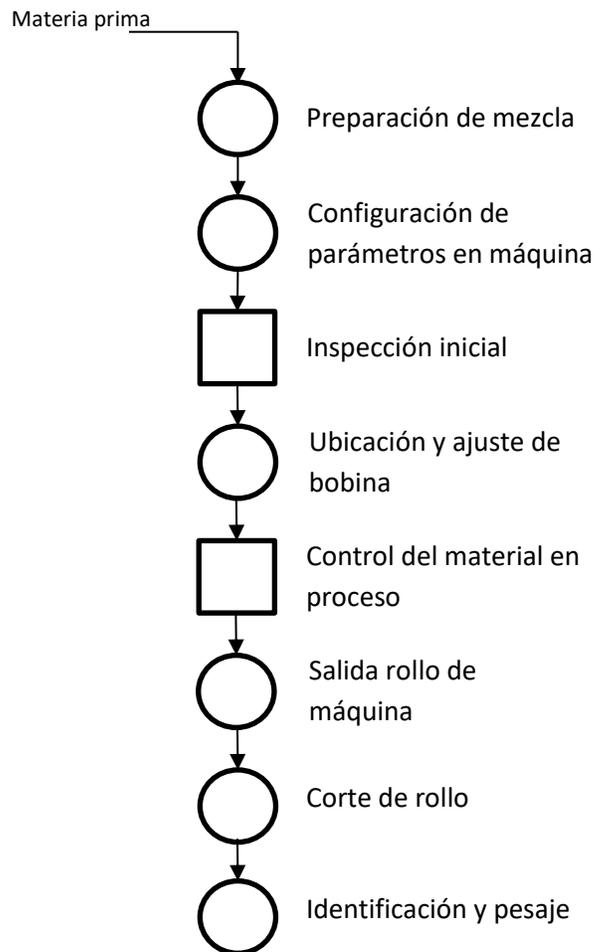
# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La metodología está basada en la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, para poder identificar las causas que generan los altos niveles de desperdicio en el área de extrusión. Esta fue descrita en la sección 1.4.

### 2.1 Levantamiento de información del proceso

La operación de extrusión es un proceso continuo, en el cual, cuando se cambia de un producto a otro, se lo realiza gradualmente, en la mayoría de los casos con la máquina en funcionamiento. El flujo del proceso cuando se recibe una nueva orden de fabricación se visualiza en la Figura 2.1.



**Figura 2.1 Flujo del proceso de extrusión**

Fuente: Autor

### **Preparación de mezcla**

Cuando el personal de planta recibe la orden de fabricación, en el documento se enlistan los materiales y sus cantidades a utilizar en la mezcla. El operador debe de solicitar la materia prima a bodega y preparar la mezcla en los tanques que alimentan a la máquina. La materia prima que se utiliza en extrusión es el polietileno, aditivos, ayuda de proceso y pigmentos.

### **Configuración de parámetros en máquina**

Acorde al tipo de producto a elaborar, se configuran los parámetros como la velocidad a la cual debe operar la máquina, la temperatura, la relación gr/mic de la lámina, el ancho de la película y el peso por rollo a obtener.

### **Inspección inicial**

Se realiza una inspección al material que se obtiene al inicio del proceso, para verificar que las configuraciones realizadas permiten obtener estabilidad y conformidad en el globo.

### **Ubicación y ajuste de bobina**

En esta operación, el material que se obtiene por la transición de una orden a otra se acumula en el rollo del proceso anterior, y se debe ubicar otra bobina para que cuando la película de plástico se encuentre estable se almacene en esta bobina nueva.

### **Control del material en proceso**

Durante la operación en marcha, se realizan inspecciones para asegurar que el material plástico no presente defectos como rayas, arrugas, aire en la película, huecos en el globo, desviación de la medida del ancho, entre otros.

### **Salida del rollo de la máquina**

Una vez que el rollo ha completado la cantidad del peso definido en máquina, se enciende una alarma que indica que el rollo debe ser retirado, para continuar su proceso en otra bobina.

### **Corte de rollo**

Se eliminan las últimas capas del rollo, ya que en ocasiones por cambio de órdenes se almacena la película que corresponde al material de transición. También se hacen cortes por refilado al rollo.

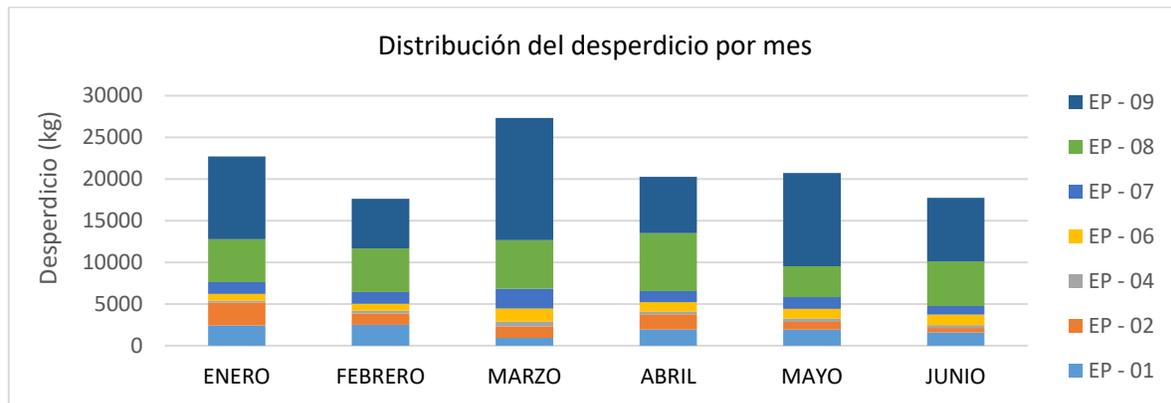
### **Identificación y pesaje**

Una vez que el rollo se encuentra listo, se lo lleva al área de pesaje, donde es ubicado en balanzas de piso que indican el peso del rollo. Esta información se la ingresa en el sistema

de producción y genera una etiqueta que se adhiere al rollo para identificarlo y que pase a la siguiente operación que puede ser al siguiente centro de trabajo como producto en proceso o a la bodega como producto terminado.

## 2.2 Revisión del desperdicio por máquina

De acuerdo con los datos históricos, de enero a junio del 2021, se revisó la distribución del desperdicio por máquina. Como se observa en la Figura 2.2, de las 7 máquinas extrusoras, la EP-08 y EP-09 son aquellas que generan la mayor cantidad del desperdicio en promedio por mes.

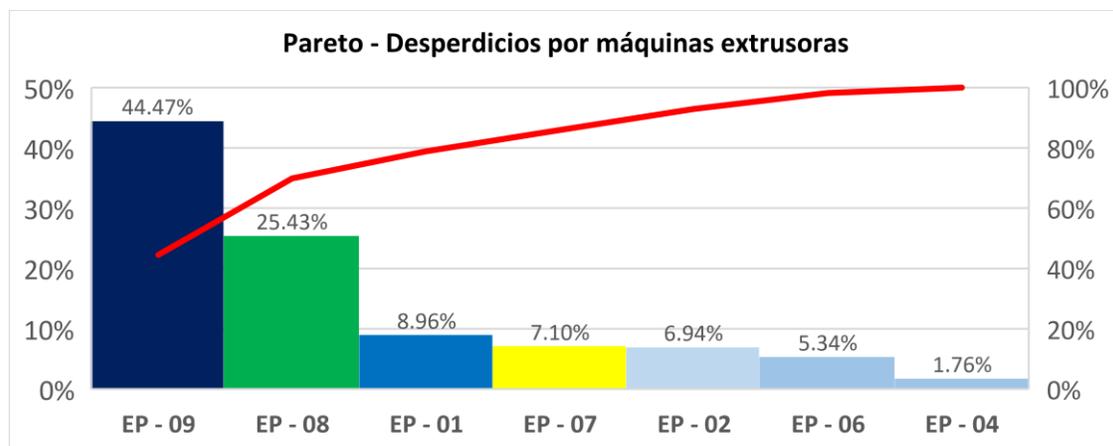


**Figura 2.2 Distribución del desperdicio mensual por máquina – año 2021**

Fuente: Autor

Es evidente notar que dos de las máquinas extrusoras están generando la mayor cantidad de desperdicio. Si se ordenan los datos para conocer el aporte total, usando un Pareto, se identifica en la Figura 2.3 que ambas máquinas generan el 69.90% del desperdicio total, por lo cual el análisis se realiza en éstas, que se encuentran ubicadas en la misma área física y son maquinarias de la misma marca y características técnicas.

El promedio histórico de ambas máquinas desde la semana 1 a la semana 23 es del 8.47%, por lo que se contrasta con este valor los resultados posterior implementación de mejoras.

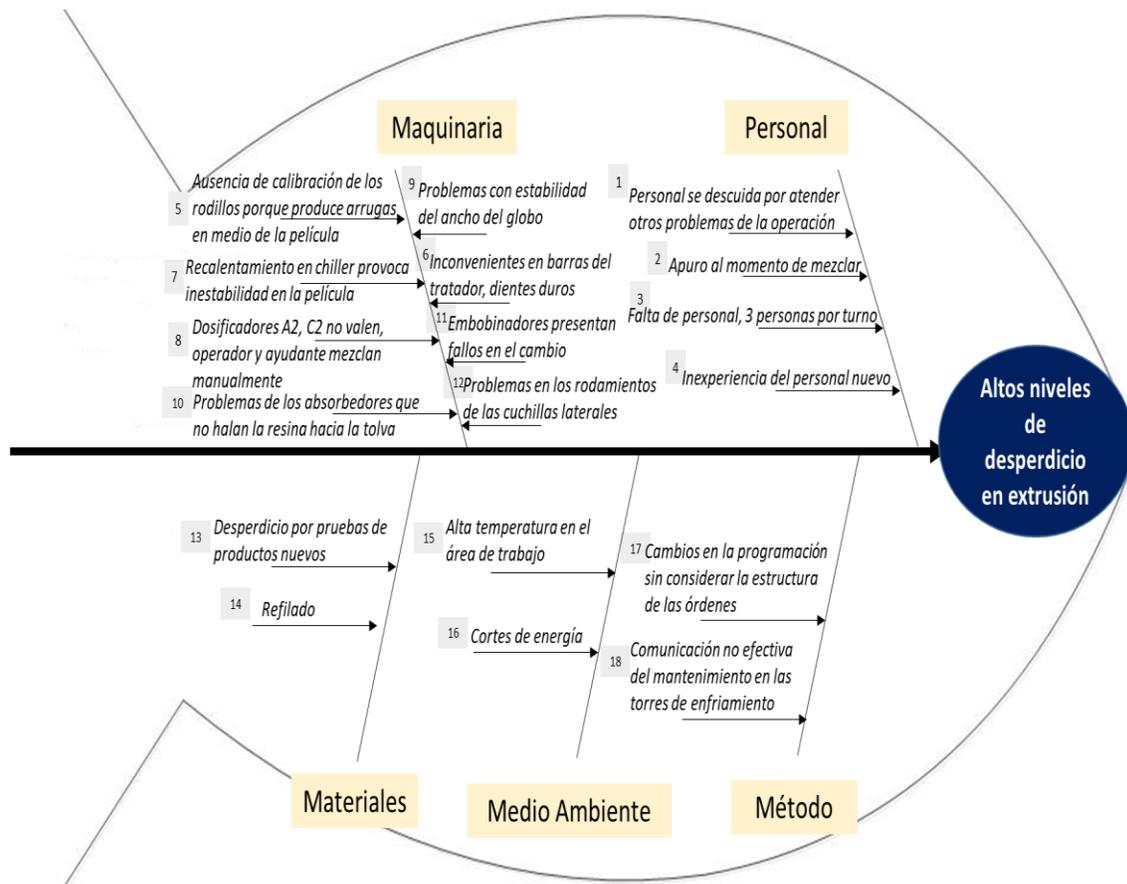


**Figura 2.3 Pareto – Desperdicio por máquinas extrusoras**

Fuente: Autor

### 2.3 Diagrama de Ishikawa

Mediante la herramienta de Ishikawa o espina de pescado, se llevó a cabo la actividad de identificación de causas potenciales de la generación de desperdicio, junto con el equipo de planta. Esta actividad se realizó con el personal de los tres turnos. La Figura 2.4 presenta las causas potenciales del alto nivel de desperdicio en el área de extrusión.



**Figura 2.4 Diagrama de Ishikawa “Altos niveles de desperdicio”**

Fuente: Autor

El Ishikawa fue utilizado como herramienta generadora de causas potenciales al efecto “altos niveles de desperdicio”, de manera que se registraron todas las posibles causas de fallo clasificadas en cada una de las M referentes a mano de obra, maquinaria, método, medio ambiente, materiales en torno a los modos y efectos de fallas que se identificaron en el AMFE (Villacourt, 1992). Anexo A

## 2.4 Análisis modal de fallos y efectos AMFE

Para la aplicación de esta herramienta, se organizó el trabajo bajo el siguiente esquema:

1. Selección del equipo de trabajo.
  - La actividad se ejecutó con el equipo de planta seleccionado y el jefe de área.
2. Identificación de los posibles modos de falla.
  - El modo potencial de falla se define como la manera en la cual el proceso podría fallar potencialmente (Ford Motor Company, 2008)
3. Identificación de su efecto de fallo por cada modo de fallo con su grado de severidad.
  - Se define a aquellos efectos de los modos de falla que son percibidos por los clientes, en este caso, el cliente puede ser la siguiente operación o el personal del área del proceso.
4. Identificación de sus causas potenciales de falla y su frecuencia de ocurrencia.
  - Lista de todas las posibles causas para cada modo potencial de falla, refiriéndose a la manera cómo podría ocurrir ésta. Cada causa es un renglón, para ello de acuerdo con (Gutiérrez P. & de la Vara S, 2009) puede aplicarse el diagrama de Ishikawa como herramienta generadora de causas.
5. Identificación de controles actuales para detectar la ocurrencia y estimar la posibilidad de que se detecten.
  - Refiere a la frecuencia con la que se espera ocurra la falla debido a cada una de las causas potenciales listadas antes. En caso de existir registros estadísticos adecuados, pueden tomarse en consideración para la asignación de la ocurrencia.
6. Cálculo del índice NPR: severidad x ocurrencia x detección.
  - El NPR será un rango de 1 a 1000 y es un indicador relativo de todas las causas de falla.
7. Para NPR mayores, identificar acciones para reducir el efecto o la posibilidad de ocurrencia.
  - A los más altos número de NPR se les deberá dar prioridad para acciones correctivas. Así mismo debe darse especial atención cuando se tengan altos NPR con severidades altas.

Para realizar la calificación de su severidad, ocurrencia y probabilidad de detección, se tomaron en consideración los siguientes conceptos (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005):

**Gravedad.** - representa la gravedad de la falla una vez que ha llegado al cliente o cuando se presenta en el proceso, provocando insatisfacción. La Figura 2.5 muestra la escala a considerar:

*efecto de fallo*

Criterios - Gravedad		Valor
<b>Mínima</b>	el efecto sería imperceptible por el usuario	1
<b>Escasa</b>	La parte interesada puede notar el fallo, pero sólo provoca una ligera molestia	2 - 3
<b>Baja</b>	La parte interesada nota el efecto de fallo y le produce cierto enojo	4 - 5
<b>Moderada</b>	El fallo produce disgusto e insatisfacción en la parte interesada	6 - 7
<b>Elevada</b>	El fallo es crítico, provocando alto grado de insatisfacción en la parte interesada	8 - 9
<b>Muy elevada</b>	El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor	10

**Figura 2.5 Escala de valoración para el criterio de Gravedad**

Fuente: Bureau Veritas

**Ocurrencia.** – frecuencia con que la causa de una falla puede ocurrir. Es necesario mejorar los controles de prevención para impedir que se produzca la causa del fallo. La Figura 2.6 muestra la escala a considerar:

*Causas de fallo identificadas*

Criterios - Probabilidad de ocurrencia		Valor
<b>Muy escasa</b>	Defecto inexistente en el pasado	1
<b>Escasa</b>	Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares	2 - 3
<b>Moderada</b>	Defecto aparecido ocasionalmente	4 - 5
<b>Frecuente</b>	Fallos de cierta frecuencia en el pasado	6 - 7
<b>Elevada</b>	Fallo bastante frecuente en el pasado	8 - 9
<b>Muy elevada</b>	La situación se produce frecuentemente	10

**Figura 2.6 Escala de valoración para el criterio de Ocurrencia**

Fuente: Bureau Veritas

**Detección.** – evalúa la probabilidad de que el modo de fallo llegue al cliente o al siguiente proceso considerando los controles actuales del proceso. La Figura 2.7 muestra la escala a considerar:

*Causas de fallo identificado con los controles utilizados*

Criterios - Probabilidad de detección		Valor
<b>Muy escasa</b>	el defecto es obvio, siempre será detectado.	1
<b>Escasa</b>	el defecto podría ser detectada	2 - 3
<b>Moderada</b>	el defecto es de moderada detección	4 - 5
<b>Frecuente</b>	Defectos de difícil detección, que con relativa frecuencia llegan al cliente	6 - 7
<b>Elevada</b>	La situación es de difícil detección, mediante los sistemas convencionales de control actuales	8 - 9
<b>Muy elevada</b>	El defecto con mucha probabilidad llegará al siguiente proceso o cliente	10

**Figura 2.7 Escala de valoración para el criterio de Ocurrencia**

Fuente: Bureau Veritas

**Número de prioridad del riesgo (NPR).** – es el resultado de multiplicar la gravedad (G), nivel de ocurrencia (O) y escala de no detección (D). Los valores con mayor NPR serán de aquellas causas para las cuales se deben definir acciones de carácter prioritario.

Con las causas potenciales obtenidas del diagrama causa efecto, y el desarrollo de la matriz AMFE, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 2.8.

N°	OPERACIÓN O FUNCIÓN	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFEECTO DE LA FALLA POTENCIAL	G	CAUSA DEL FALLO	O	CONTROLES ACTUALES	D	NPR
	¿Cuál es el paso del proceso?	¿De qué manera puede fallar?	¿Cuál sería el impacto en el proceso o cliente?	¿Qué tan severo es este impacto?	¿Cuáles son las causas de esta falla?	¿Cuál es la ocurrencia de esta falla?	¿Cuáles son los controles actuales para detectar las causas o los modos de falla? ¿Se sigue algún procedimiento de operación?	¿Qué tan efectivos son los controles?	G*O*D
1	Preparación de mezclas	Mezcla no uniforme	material desperdiciado	8	Apuro del operador al momento de mezclar	6	Ninguno	4	192
		Cambio de fórmula		8	Cambios en la programación sin considerar la estructura de las órdenes	7	Ninguno	7	392
2	Preparación de máquina	Rodillos descalibrados	rollos en proceso presentan arrugas en la película (desperdicio)	6	Calibración inadecuada de los rodillos	6	Mantenimientos poco frecuentes	6	216
		Barras del tratador atascadas	rollos en proceso presentan rayas y cortes en la película (desperdicio)	5	Mantenimiento pendiente en barras del tratador.	8	Personal no realiza el control a pesar de saber el procedimiento	5	200
		Dosificadores atascados	película plástica defectuosa por no recibir el material de forma uniforme	6	Dosificadores A2, C2 no valen, operador y ayudante intervienen manualmente	6	Identificación visual en el proceso, no se realizan revisiones frecuentes y planificadas	6	216
		Sobrecarga de trabajo del personal	Configuraciones en máquina realizadas al apuro	5	Falta de personal para las actividades del turno	4	Ninguno, cada turno tiene el personal definido por la alta gerencia	5	100
		Recalentamiento del chiller	globo plástico inestable (desperdicio)	8	Chiller en mal estado provoca inestabilidad en la película	7	control visual, por el alta temperatura del chiller	4	224
		Absorbedores no pasan el material	globo plástico con irregularidades (desperdicio)	6	Limpieza y mantenimiento de absorbedores pendientes	4	Máquina emite aviso y el usuario corrige	4	96
3	Configuración de parámetros en máquina	Presión, Temperatura, velocidad no adecuada para el proceso	globo plástico inestable (desperdicio)	6	Inexperiencia del personal nuevo para configurar los parámetros en máquina	5	el operador de más experiencia del turno transmite su conocimiento al personal nuevo	4	120
4	Ubicación de bobina	bobina no cambia automáticamente	película plástica se acumula fuera de la bobina (desperdicio)	5	Problemas en los ejes, en los embobinadores al momento del cambio	6	Ninguna, se desconoce por qué sucede	7	210
5	Inspección del material en proceso	Distracción del personal	No detección de defectos en película en proceso (desperdicio)	7	Personal no organiza sus actividades para atender las actividades de su operación	5	Ninguno	4	140
		Parámetros de operación no están bien configurados	Producto en proceso no estable (desperdicio)	6	Procedimientos no unificados para la revisión de parámetros	5	Ninguno, cada personal cuenta con el conocimiento por experiencia	4	120
		Recalentamiento del chiller	Película en proceso inestable (desperdicio)	7	Recalentamiento en el chiller provoca inestabilidad en la película	7	Mantenimientos poco frecuentes	6	294
		Cuchillas laterales no cortan bien	bordes irregulares en rollos plásticos (desperdicio)	6	Problemas en los rodamientos de las cuchillas laterales	6	Revisiones pendientes	6	216
		Temperatura del área de trabajo	Inestabilidad del globo (desperdicio)	6	Alta temperatura en el área de trabajo desestabiliza el globo, bloqueo en película	7	Ninguno	5	210
		Fallo de luz eléctrica	globo y película en proceso inestable (desperdicio)	6	Corte de energía	6	Se cuenta con generador	6	216
6	Corte del rollo	Refilado excesivo	bordes irregulares en rollos plásticos (desperdicio)	7	Personal configura anchos diferentes, criterio no unificados	7	Socialización de procedimiento de refilado	6	294
7	Salida del rollo de la máquina	Manipulación del rollo	defectos por mala manipulación del personal (desperdicio)	5	Falta de cuidado en cómo manipular el rollo	4	Socialización del cuidado en el manejo	4	80
8	Identificación y pesaje	Golpe del rollo en el momento de traslado y pesaje	defectos por mala manipulación del personal (desperdicio)	4	Falta de cuidado en cómo trasladar el rollo y pesarlo	4	Socialización del cuidado en el manejo	4	64

**Figura 2.8 AMFE para el proceso de extrusión**

Fuente: Autor

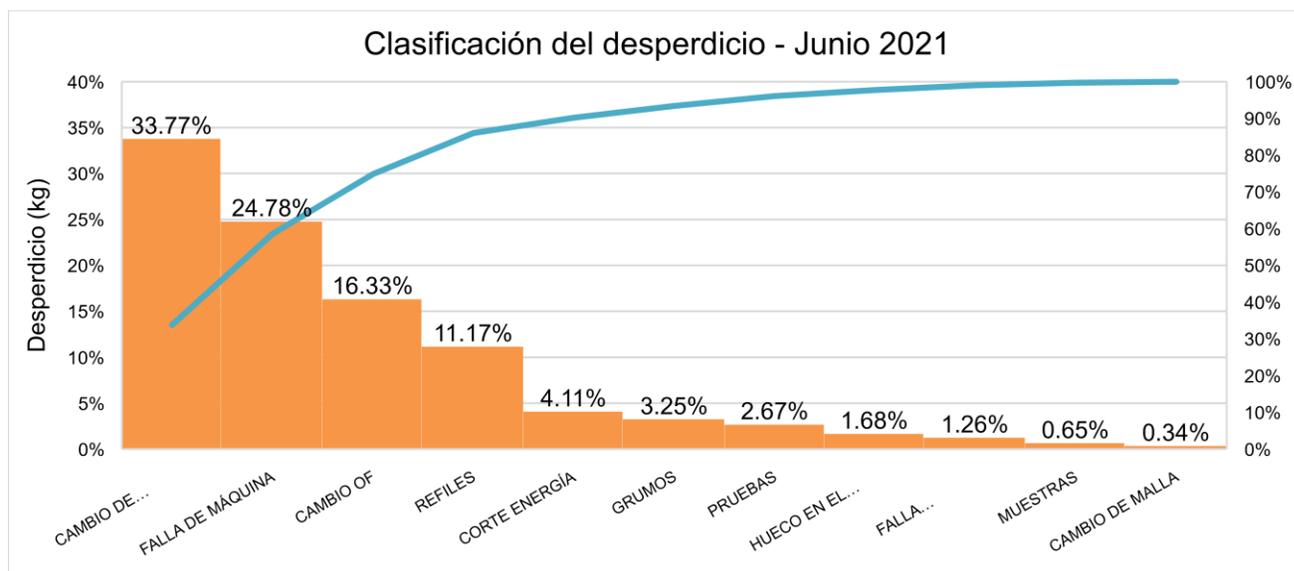
En la Figura 2.9 se visualizan las causas de fallo que obtuvieron mayor NPR:

MODO DE FALLA POTENCIAL	EFEECTO DE LA FALLA POTENCIAL	G	CAUSA DEL FALLO	O	CONTROLES ACTUALES	D	NPR
¿De qué manera puede fallar?	¿Cuál sería el impacto en el proceso o cliente?	¿Qué tan severo es este impacto?	¿Cuáles son las causas de esta falla?	¿Cuál es la ocurrencia de esta falla?	¿Cuáles son los controles actuales para detectar las causas o los modos de falla? ¿Se sigue algún procedimiento de operación?	¿Qué tan efectivos son los controles?	G*O*D
Cambio de fórmula	Película en proceso inestable (desperdicio)	8	Cambios en la programación sin considerar la estructura de las	7	Ninguno	7	392
Recalentamiento del chiller		7	Recalentamiento en el chiller provoca inestabilidad en la película	7	Mantenimientos poco frecuentes	6	294
Refilado excesivo	bordes irregulares en rollos plásticos (desperdicio)	7	Personal configura anchos diferentes, criterio no unificados	7	Socialización de procedimiento de refilado	6	294
Recalentamiento del chiller	globo plástico inestable (desperdicio)	8	Chiller en mal estado provoca inestabilidad en la película	7	control visual, por el alta temperatura del chiller	4	224

**Figura 2.9 Causas de fallo con mayor NPR**

Fuente: Autor

Revisando cada una de las causas que mayor valoración obtuvieron en el AMFE, se validó con los registros históricos del mes de junio del 2021, verificando que existe concordancia con los datos tabulados por el equipo del área de extrusión. La Figura 2.10 presenta los Kg de desperdicio registrados en junio del 2021, por cada causa registrada.



**Figura 2.10 Clasificación del desperdicio**

Fuente: Autor

**A continuación, se detalla una descripción de las causas más significativas:**

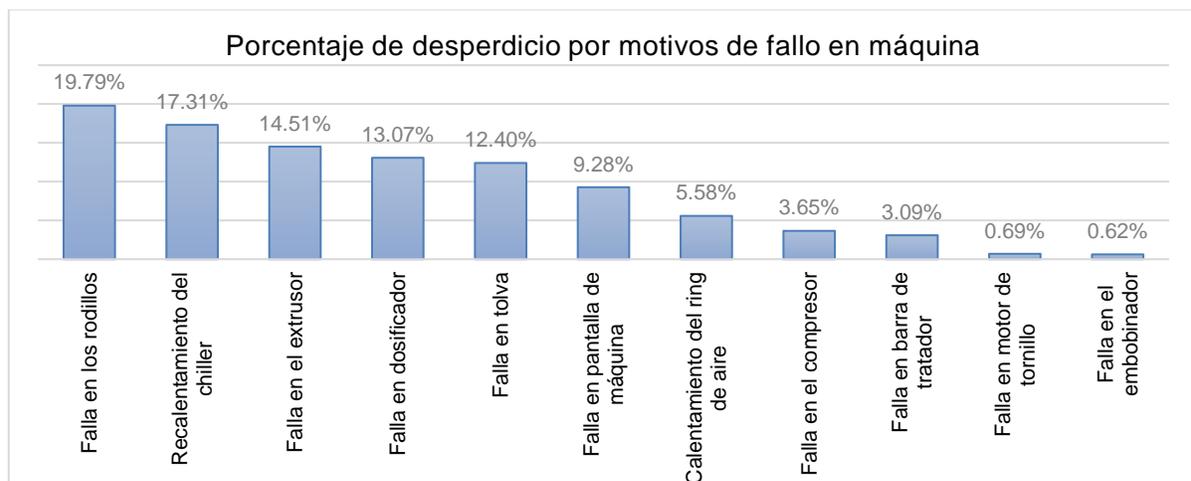
**Causa 1: Cambio de fórmula.** - El personal identifica al “Cambio de formula” cuando al pasar de una orden a otra requiere cambiar totalmente la formulación de la mezcla, representando un 33.77%.

**Causa 2: Cambio de OF.** - se denomina así cuando al pasar a otra orden de fabricación no se requiere cambiar toda la formulación actual, sino modificar parámetros en la máquina, tales como velocidad, temperatura o ancho del globo. Para el mes de junio, el desperdicio por cambio de OF representó el 16.33%.

Los cambios de fórmula y cambio de OF contribuyen con un 50.10% del desperdicio y al ser causas críticas, que no depende directamente del personal de extrusión, sino de un proceso aguas arribas, se procede con su análisis con el uso de los 5 porqués (Villacourt, 1992).

**Causa 3: Falla de máquina.** - Los desperdicios que se generan por falla en la máquina hacen referencia a toda obstrucción que presenta la máquina y que afectan directamente a la producción. Para el mes de junio del 2021, el porcentaje de desperdicio registrado por esta causa es del 24.77%.

Para obtener los diferentes motivos, el personal de planta cada vez que ocurría una novedad por falla en la maquinaria, registraba en la orden de fabricación su motivo. Revisando la segregación realizada en el mes de junio, de un total de 173 novedades, se reportaron 25 asociadas a la máquina contribuyendo al 24.77% del total de desperdicios. La Figura 2.11 muestra los porcentajes de desperdicio por cada motivo de fallo en la máquina, observando que los que generan mayor impacto son falla en los rodillos, recalentamiento del chiller, falla en el extrusor y en dosificadores.



**Figura 2.11 Porcentaje de desperdicio por motivos de fallo en máquina**  
Fuente: Autor

**Causa 4: Refilado.** - son los cortes laterales mediante cuchillas que se realiza al rollo para que se obtenga las medidas solicitadas en la orden del cliente, generando desperdicios, cuyo porcentaje en el mes de junio 2021 fue del 11.17%.

La inexperiencia del personal nuevo no es una causa que se visualiza en los registros históricos, sin embargo, en conversaciones con el equipo, indican que esto se percibe durante las dos primeras semanas cuando ingresa el personal nuevo, hasta que vaya conociendo el procedimiento del área, por lo cual, se descarta que impacte significativamente en el alto nivel de desperdicio.

## 2.5 5 por qué

Por cada causa verificada, se utilizó la herramienta de los 5 por qué para poder identificar las causas raíz del problema en estudio, tal como se ilustra en la Figura 2.12.

Causa crítica	1er ¿Por qué?	2do ¿Por qué?	3er ¿Por qué?	4to ¿Por qué?	5to ¿Por qué?	Causa raíz
Cambios en la formulación y OF	Porque el jefe de área nos pide suspender el trabajo planificado para ingresar otra orden urgente	Porque el planificador cambia la prioridad en el programa de producción	Porque ventas indica que el cliente requiere su pedido en menos tiempo del planificado	Porque no se organizan las órdenes en función a la prioridad	Porque no se cuenta con un método de control y secuenciación en las órdenes de producción	Ausencia de un modelo de planificación de órdenes
				Porque no se organizan las órdenes considerando su formulación		
Fallas de máquina	Porque ciertas partes de la máquina tienen novedades durante la operación	Porque no se revisan de forma frecuente	Porque el personal de planta a pesar de saber el procedimiento olvida hacer las revisiones	Porque no se ha definido una frecuencia fija de revisión		Ausencia de procedimiento para realizar revisiones preventivas en máquina
				Porque sienten que es una actividad no obligatoria		
			Porque no se han realizado mantenimientos en máquina	Porque el área de mto tiene algunas novedades en espera de ser atendidas		
		Porque no se priorizado las novedades de corrección urgente				
Refilado de la operación	Porque el ancho obtenido es mayor al especificado	Porque en la configuración de los parámetros de la máquina se deja un ancho mayor	Porque la máquina durante la operación no mantiene el globo estable afectando el ancho final del rollo	Porque el recalentamiento del chiller afecta la estabilidad del globo	Porque no se atienden las novedades de fallo que se emiten al área de mantenimiento	Criterios no unificados para la configuración de parámetros en el globo
			Porque el personal a veces deja una holgura significativa que genera más desperdicio	Porque la máquina presenta fallos que inestabilizan al globo		
				Porque el personal no tiene el mismo criterio para dejar una holgura mayor al momento de configurar la máquina		

**Figura 2.12 5 por qué analizado por cada causa verificada**

Fuente: Autor

## 2.6 Propuestas de mejora

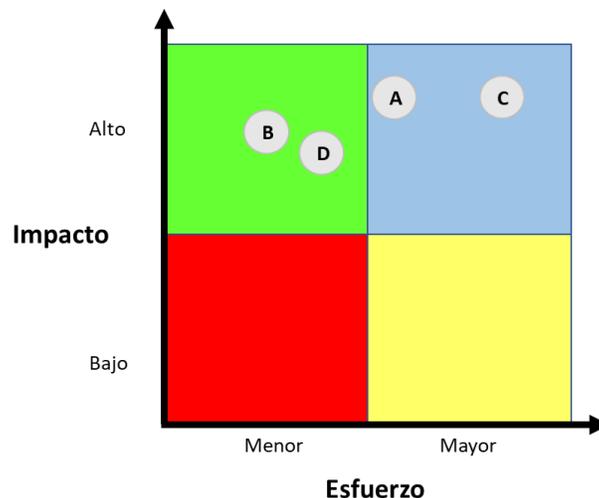
En base a las causas raíz encontradas se establecieron las propuestas de mejora, revisadas con el jefe de área, planificador, y jefe de mantenimiento, según se visualiza en la Figura 2.13.

Causa verificada	Causa raíz	Propuesta de solución
Cambios en la formulación y OF	Ausencia de un modelo de planificación de órdenes	A: Establecimiento de políticas para la planificación de producción
Fallas de máquina	Ausencia de procedimiento para realizar revisiones preventivas en máquina	B: Elaboración de procedimiento para la ejecución de revisiones frecuentes por el personal
	No existe priorización de atención de novedades en partes de la máquina según plan de mantenimiento del área	C: Priorización de mantenimientos según el plan existente en el área de mantenimiento de la empresa
Refilado de la operación	No existe priorización de atención de novedades en partes de la máquina según plan de mantenimiento del área	
	Criterios no unificados para la configuración de parámetros en el globo	D: Estandarización del procedimiento para la preparación y configuración de parámetros en máquina

**Figura 2.13 Propuestas de mejora**

Fuente: Autor

Con las propuestas de mejora identificadas, se utilizó la matriz de esfuerzo impacto para priorizar aquellas que son fáciles de implementar y que generan un alto impacto. Esta actividad fue realizada por el personal de la empresa, jefe de área, planificador, gerente de producción, y su priorización se visualiza en la Figura 2.14.



**Figura 2.14 Priorización de propuestas de mejora**

Fuente: Autor

Las propuestas B y D fueron identificadas de menor esfuerzo que generarán un alto impacto en el corto plazo para reducir los niveles de desperdicio; la propuesta A requiere mayor

esfuerzo implementarla ya que es necesario organizar y crear disciplina con las áreas relacionadas a la planificación una vez que se definan las políticas para la programación de los órdenes. La propuesta C, requiere de mayor esfuerzo, ya que no todas las novedades se pueden atender en un horizonte corto de tiempo, sin embargo, fue socializado el impacto actual que genera los mantenimientos pendientes en las máquinas extrusoras.

Para el alcance del proyecto, las propuestas a ejecutar son:

- ✚ Establecimiento de criterios para la planificación de la producción.

A pesar de ser una propuesta de mayor esfuerzo, se trabaja con el equipo para recomendar criterios que mitiguen los cambios en la programación de producción considerando la definición de tiempos mínimos para solicitar un cambio en la programación, y la formulación de la orden para obtener una secuenciación de órdenes de manera que mitiguen el nivel de desperdicio en la operación.

- ✚ Elaboración de instructivos para la ejecución de revisiones preventivas en máquina por el personal de planta.

A partir de las recomendaciones del área de mantenimiento y la experiencia del jefe de área se elabora el manual de procedimientos para la ejecución de revisiones que puede realizar el personal del área de extrusión como acción preventiva para cuidar y mitigar la aparición de daños en las partes de máquinas que generan defectos en la película plástica.

- ✚ Estandarización del procedimiento para la preparación y configuración de parámetros en máquina.

La preparación y configuración de parámetros en máquina depende de las condiciones actuales de los equipos, por lo cual, se unifica el procedimiento para que todo el personal del área de extrusión ejecute las actividades de forma estandarizada bajo los mismos criterios y conocimientos de la operación.

## 2.7 Desarrollo de propuestas de mejora

### 2.7.1 Establecimiento de criterios para la planificación de la producción y controles visuales

#### 2.7.1.1 Criterios para la planificación de producción

A pesar de ser una propuesta de mayor esfuerzo, se trabajó con el equipo para proponer criterios que mitiguen los cambios en la programación de producción considerando factores como días disponibles para planificar y la formulación que lleva cada orden de fabricación.

Establecer criterios que mitiguen los desperdicios por cambios en las formulaciones se considera fundamental, porque la planificación debe ser concebida para mantener un orden con el área productiva y el área de ventas. La comunicación entre el equipo para mitigar este impacto es crucial.



**Figura 2.15 Actividades para identificar criterios en la planificación**

Fuente: Autor

Para desarrollar esta propuesta se llevó a cabo una reunión con el planificador, el jefe de extrusión y el equipo de ventas, para poder identificar los factores relevantes que inciden.

De acuerdo con la Figura 2.15, como resultado de la reunión con el equipo, se identificó que las órdenes de producción de forma macro se pueden agrupar en familias de estructuras o formulaciones, que permitirán al equipo operativo priorizar en función a la situación del momento. Así mismo, las fechas de entrega no deben de ser un factor omitido porque es importante mantener un tiempo de respuesta adecuado con el cliente.

Actualmente el planificador registra la información de la producción en un archivo Excel como se observa en la Figura 2.16, donde identifica la información de la OF, su fecha de entrega prometida, su fecha de entrega real y lo acumulado producido. Para poder identificar aquellas órdenes que son prioritarias, lo realiza de forma manual, buscando cada orden impresa, y si se requiere hacer una priorización entre ellas, también debe acudir a los registros impresos, buscar la formulación y priorizar para cuando se necesite algo urgente.

MAQ.	Pedido No.	O.F. No.	Cilin. Repet.	Cód. Prod.	Cliente	PRODUCTO	Cant	Fecha	Cant	Acum	Acum	Fecha
							Kg	Ent. Prod	Unid	Kg	Unid	Ent Real
EP-09	61847	47914	0	1212928	VECONSA	ROLLO PEBD NAT. S/IMP. MADURA FRITO VECONSA 515mm*76mic PT	1.500	1-jul		1.573		1-jul
	61872	47982	640	1214209	ARROCESA	ROLLO PEBD NAT. IMP. LA ORIGINAL ENVEJECIDA 2 kg 437 mm*63 mic NUEVO	340	8-jul		344		1-jul
	61869	47981	640	1214206	ARROCESA	ROLLO PEBD NAT. IMP. LA ORIGINAL ESPECIAL 2 kg 437 mm*63 mic NUEVO	340	8-jul		374		1-jul
	61873	47984	430	1214210	ARROCESA	ROLLO PEBD NAT. IMP. LA ORIGINAL ENVEJECIDA 5 kg 582 mm*90 mic NUEVO	340	8-jul		398		1-jul
	61870	47983	430	1214207	ARROCESA	ROLLO PEBD NAT. IMP. LA ORIGINAL ESPECIAL 5 kg 582 mm*90 mic NUEVO	340	8-jul		352		1-jul
	61759	47928	360	1210702	PROVEFRUIT	NOMPAREI BROCC CUT (REDDY RAW CUT 2.5 LBS) 600 mm*64 mic	330	30-jun		365		1-jul
	61761	47930	350	1213899	PROVEFRUIT	COLONY LINE BROCCOLI FLORET 2 LB 600 mm*64mic	660	30-jun		678		1-jul

**Figura 2.16 Actual registro de información de órdenes**

Fuente: Empresa

Para el usuario, es una actividad que le toma bastante tiempo, adicional, si requiere obtener una información adicional, como medir el nivel de cumplimiento, lo va haciendo una a una, por lo que requiere el tiempo total de su jornada para dar seguimiento al estado de las órdenes y a pesar de ello viene un día del fin de semana para seguir planificando.

El equipo de ventas ratificó su iniciativa de planificar el pedido de los clientes en pedidos con entregas parciales, lo cual permite ir suavizando la planificación de los pedidos y los picos de producción en el tiempo.

Se realizaron modificaciones al registro que lleva el planificador en su archivo Excel para incluir los criterios identificados posterior reunión.

#### **Tipos de formulación. –**

Con respecto al tipo de formulación, se organizó una clasificación en función a los diferentes tipos de estructura que utilizan en planta y se asociaron a una letra del alfabeto, de manera que mantenga una secuencia de transición recomendada, para que genere la menor cantidad de desperdicios:

**Tabla 4**  
**Agrupación por formulación**

Agrupación	Código
Fórmulas para material Transparente baja densidad	A
Fórmulas para material Transparente alta densidad	B
Fórmulas para material pigmentado blanco	C
Fórmulas para material pigmentado negro	D
Fórmula para material de barrera	E

Fuente: Autor

En la Tabla 4 se visualiza la letra asignada para cada agrupación de familia de estructuras. El orden que se le ha asignado va desde aquellas fórmulas de baja complejidad a mayor.

#### **Días disponibles para planificar. –**

Al contar con la información de la fecha en que se ingresó el requerimiento y la fecha de entrega prometida, se incorpora un campo que hace referencia a los días disponibles que se tiene para planificar la orden, así mismo, se agrega un campo adicional que indicará los días que quedan disponibles en función a la fecha actual para ingresar la orden a la planta.

El archivo de la programación ahora cuenta con la máquina, número del pedido, número de la orden de fabricación, el cliente, el código y descripción del producto, la clasificación de la estructura, la cantidad del pedido, fecha del requerimiento, fecha de entrega, días para planificar, días disponibles a la fecha, fecha de entrega real, valor acumulado de la producción, y el estado en que quedó la orden.

En la Figura 2.17 se observan el ajuste al programa de planificación, de manera que, una vez ingresada la información de las órdenes nuevas, y al accionar el botón “Prioridad por días” o “Prioridad por días y formulación”, el sistema reorganiza la información para enlistar aquellas órdenes que por su tiempo corto de entrega deben ser atendidas con la recomendación de la formulación.

**Prioridad por días y formulación**

MAQ.	Pedido N°	OF N°	Tipo	Cód cliente	Cliente	Cód Producto	Descripción Producto	Estructura	Cod ST	Cant Kg	Fecha req	Fecha de entrega	Dias para planificar	Disponible a Hoy	Entrega real	Unidades	Acum kg	Unid	Estado
EP-08	62032	48346	Nueva	550	SAN CARLO	1214053	AZÚCAR SAN CARLOS BLANCA 1	TRANSP AD	B	200	3-ago	20-ago	17	1					Por Asignar
EP-08	61772	48338	Nueva	610	UNIVERSAL	1161553	FDAS PEBD IMP. ANIMALIAS 10 kg	TRANSP AD	B	1,620	1-ago	20-ago	19	1		15,000			Por Asignar
EP-08	62236	48372	Nueva	410	UNIVERSAL	1161576	FDAS PEBD IMP. TOFFE SURTIDO 5	TRANSP BD	A	400	1-ago	22-ago	21	3		10,000			Por Asignar
EP-08	61772	48338	Nueva	610	UNIVERSAL	1161553	FDAS PEBD IMP. ANIMALIAS 10 kg	TRANSP BD	A	2,000	13-jun	19-ago	67	0		15,000			Por Asignar
EP-08	62233	48371	Cerrada	350	UNIVERSAL	1161572	FDAS PEBD IMP. TOFFE SURTIDO 2	TRANSP BD	A	280	30-jul	8-ago	9	X	19-ago	20,000	300		Entrega total con atraso
EP-08	62193	48343	Nueva	480	UNIVERSAL	1161571	FDA B/D IMPRESA AL GRANEL SUR	PIGM NG	D	400	1-ago	20-ago	19	1		10,000			Por Asignar
EP-08	62192	48342	Nueva	410	UNIVERSAL	1161570	FDA B/D IMPRESA AL GRANEL SUR	PIGM BL	C	200	15-ago	20-ago	5	1		5,000			Por Asignar
EP-08	61771	48337	Cerrada	610	UNIVERSAL	1161553	FDAS PEBD IMP. ANIMALIAS 10 kg	TRANSP BD	A	2,160	13-jun	30-ago	78	11		20,000	2,183		En proceso

**Prioridad por días**

MAQ.	Pedido N°	OF N°	Tipo	Cód cliente	Cliente	Cód Producto	Descripción Producto	Estructura	Cod ST	Cant Kg	Fecha req	Fecha de entrega	Dias para planificar	Disponible a Hoy	Entrega real	Unidades	Acum kg	Unid	Estado
EP-08	62192	48342	Nueva	410	UNIVERSAL	1161570	FDA B/D IMPRESA AL GRANEL SUR	PIGM BL	C	200	15-ago	20-ago	5	1		5,000			Por Asignar
EP-08	62032	48346	Nueva	550	SAN CARLO	1214053	AZÚCAR SAN CARLOS BLANCA 1	TRANSP AD	B	200	3-ago	20-ago	17	1		8,000			Por Asignar
EP-08	61772	48338	Nueva	610	UNIVERSAL	1161553	FDAS PEBD IMP. ANIMALIAS 10 kg	TRANSP AD	B	1,620	1-ago	20-ago	19	1		15,000			Por Asignar
EP-08	62193	48343	Nueva	480	UNIVERSAL	1161571	FDA B/D IMPRESA AL GRANEL SUR	PIGM NG	D	400	1-ago	20-ago	19	1		10,000			Por Asignar
EP-08	62236	48372	Nueva	410	UNIVERSAL	1161576	FDAS PEBD IMP. TOFFE SURTIDO 5	TRANSP BD	A	400	1-ago	22-ago	21	3		10,000			Por Asignar
EP-08	61772	48338	Nueva	610	UNIVERSAL	1161553	FDAS PEBD IMP. ANIMALIAS 10 kg	TRANSP BD	A	2,000	13-jun	19-ago	67	0		15,000			Por Asignar
EP-08	62233	48371	Cerrada	350	UNIVERSAL	1161572	FDAS PEBD IMP. TOFFE SURTIDO 2	TRANSP BD	A	280	30-jul	8-ago	9	X	19-ago	20,000	300		Entrega total con atraso
EP-08	61771	48337	Cerrada	610	UNIVERSAL	1161553	FDAS PEBD IMP. ANIMALIAS 10 kg	TRANSP BD	A	2,160	13-jun	30-ago	78	11		20,000	2,183		En proceso

Figura 2.17 Prototipo de ingreso de información para el planificador

Fuente: Autor

Como se visualiza en la Figura 2.17 la información se registra en un archivo Excel y mediante el uso de Macros se programó una secuencia para las órdenes nuevas. Aquellas órdenes que ya fueron planificadas y se encuentran en ejecución no serán reordenadas.

### 2.7.1.2 Control visual

El archivo actualmente se encuentra en una ruta compartida con todos los jefes de área de manera que puedan visualizar el plan de producción, el acumulado producido y si se entregó o no a tiempo.

Como beneficio de esta mejora se puede mencionar:

- Priorización de las órdenes en función a los días disponibles que se tienen para planificar una orden pendiente de asignación. A partir de esta recomendación, el planificador en conjunto con el jefe de área podrá tener mayor visualización del estado de cada orden que los permita orientar de forma ágil y revisar si aceptan la sugerencia o realizan un pequeño ajuste que siga mitigando el desperdicio asociado.
- Disminución de errores al momento de priorizar órdenes, ya que inicialmente para hacer esta actividad, el planificador debía ir revisando orden a orden su formulación, pero ya cuenta con la información en el mismo archivo con la recomendación del orden en su secuencia de trabajo.
- Visualización del estado del orden en función a la cantidad acumulada de producción y si fue entregada a tiempo o no.

Con esta mejora en el registro de información para el planificador, se mantiene un mejor control visual y priorización para dar seguimiento a aquellas con menos días por gestionar y más aún saber que combinaciones a nivel de estructura se deben mantener. La lógica de la secuenciación es la recomendada, sin embargo, de necesitar realizar un cambio, se puede modificar.

### **2.7.1.3 Reuniones de control**

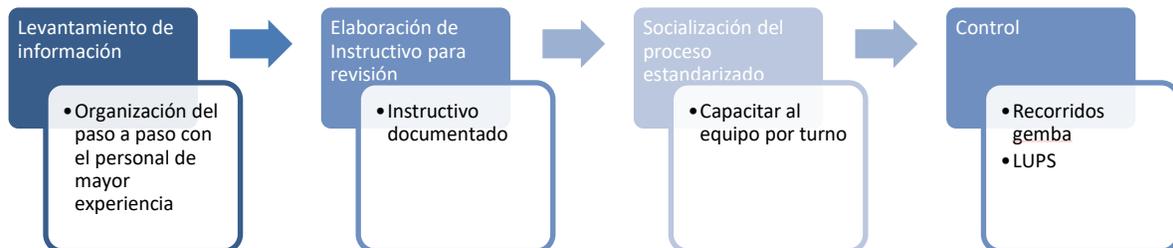
Se propuso realizar seguimiento semanal con el planificador para:

- Registrar las novedades de la semana.
- Realizar un análisis interno del porqué se dieron las novedades.
- Dejar constancia en bitácora de registros.
- Socializar con las áreas las novedades que se presentaron para retroalimentación de impactos.

## 2.7.2 Elaboración de instructivos para la ejecución de revisiones preventivas en máquina por el personal de planta.

### 2.7.2.1 Instructivo de revisión

Para el cumplimiento de esta actividad, se establecieron actividades para el levantamiento de información, documentación, socialización y control de la implementación.



**Figura 2.18 Actividades para implementación de revisiones preventivas en máquina**

Fuente: Autor

De acuerdo con la Figura 2.18, a partir de las recomendaciones del área de mantenimiento y la experiencia del jefe de área se elaboró un instructivo para la ejecución de revisiones que puede realizar el personal del área de extrusión como acción preventiva para cuidar y mitigar la aparición de daños en las partes de máquinas que generan defectos en la película plástica. Anexo B

El instructivo documentado, fue revisado por las partes y se iniciaron charlas para sensibilizar al personal acerca de la importancia de realizar revisiones periódicas en máquina y de reportar aquellas que por su nivel de complejidad requieren atención del área de mantenimiento de la Unidad, ya que el indicador de desperdicios se mitiga con la participación de todo el personal. Anexo C

### 2.7.2.2 Control y verificación

En el tablero del área se ubicó el cronograma de frecuencia de revisión que se debe llevar a cabo en el área. Anexo D

### **2.7.3 Estandarización del procedimiento para la preparación y configuración de parámetros en máquina**

#### **2.7.3.1 Identificación de parámetros y capacitación**

La preparación y configuración de parámetros en máquina depende de las condiciones actuales de los equipos, por lo cual, se estandarizará el procedimiento para que todo el personal del área de extrusión ejecute las actividades de forma estandarizada bajo los mismos criterios y conocimientos de la operación.

El área en estudio si contaba con un manual de operación por lo que fue actualizado por el jefe de extrusión, y se realizó el acompañamiento para socializar el procedimiento que el personal de los tres turnos debe de mantener. Anexo E

Se levantó una ficha de parámetros que debe de mantener el equipo para controlar los valores por orden de fabricación. La ficha de parámetros será incluida junto al panel de configuraciones de la máquina. Anexo F

#### **2.7.3.2 Control y seguimiento**

Se genera de forma semanal el reporte de producción por turno y por máquina para visualizar cómo estará comportándose el nivel de desperdicio. La reunión se realiza con el planificador y el jefe de área.

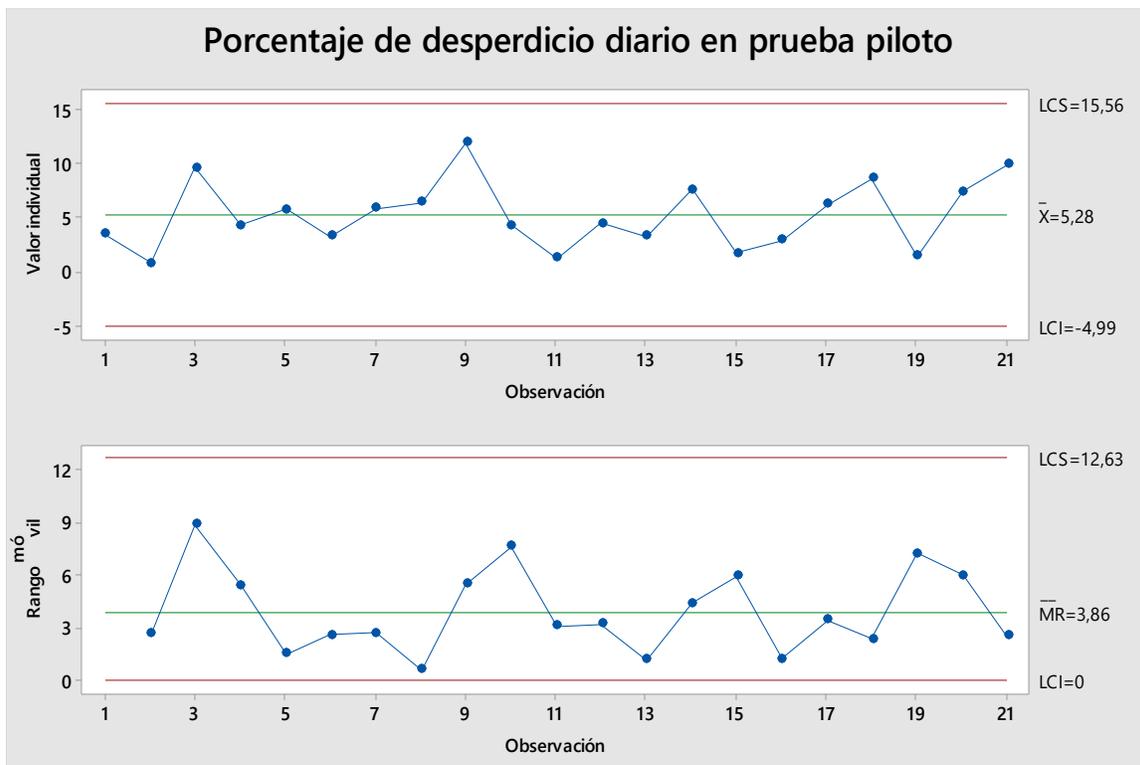
# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS

Con las propuestas socializadas con el equipo, se recopilaron los datos por día para ir monitoreando el comportamiento de la variable en estudio. Las máquinas EP-09 y EP-08 son aquellas que generan la mayor cantidad de desperdicios (69.90% del total) en el área de extrusión, por lo cual como se ha indicado en el capítulo 2, son el referente de estudio para la implementación de mejoras, control y seguimiento.

### 3.1 Monitoreo de resultados

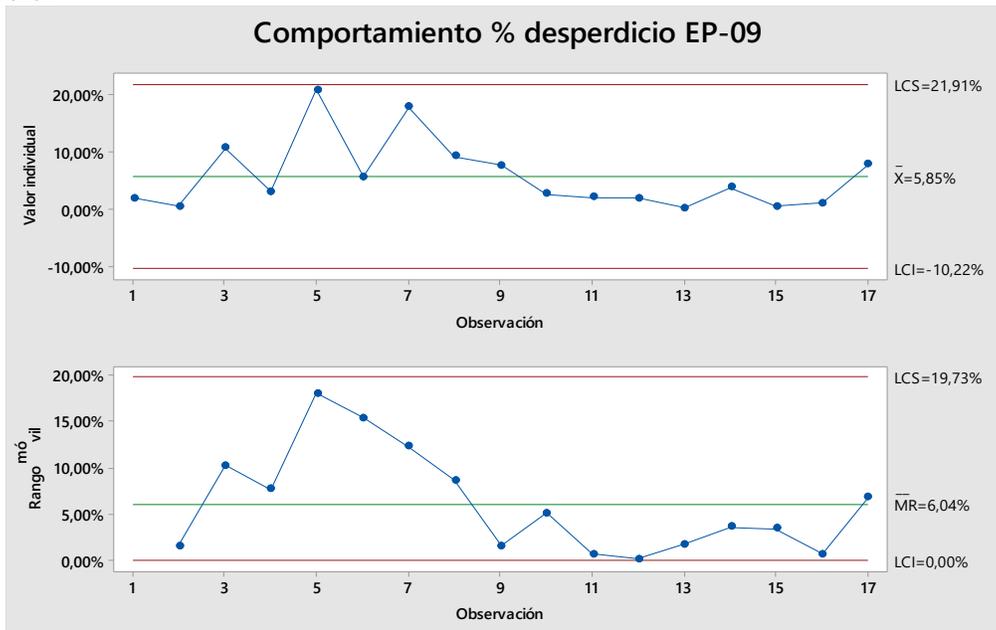
De acuerdo con el seguimiento realizado desde el día 14 del mes de agosto del 2021 se pudo observar el siguiente comportamiento para el nivel de desperdicio en ambas máquinas según :



**Figura 3.1 Comportamiento de los niveles de desperdicio EP-08 y EP-09**  
Fuente: Autor

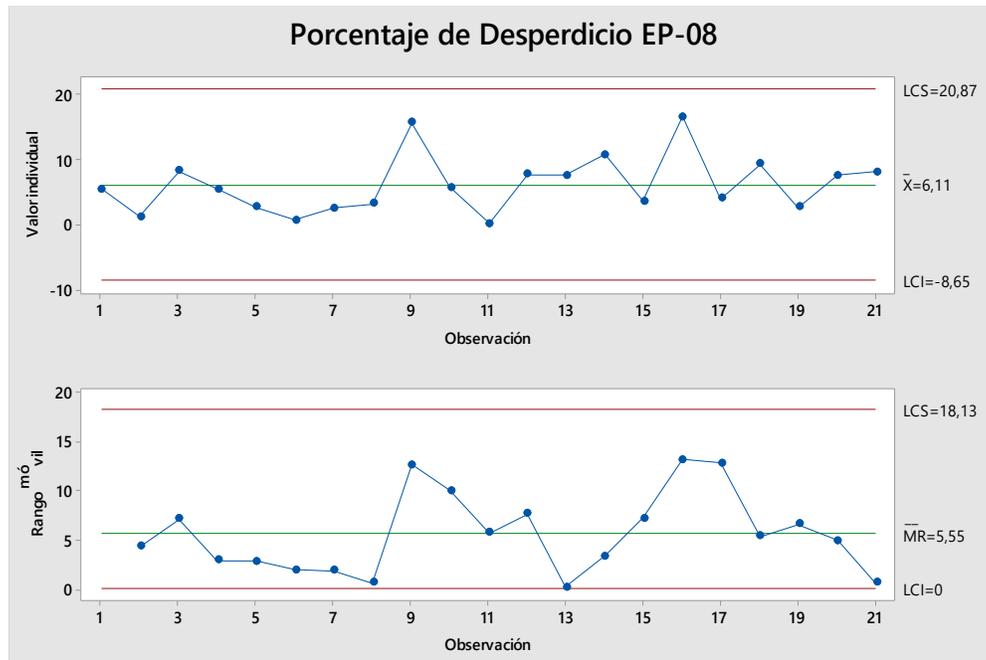
En la Figura 3.1, se observa que el promedio del desperdicio diario durante el tiempo de prueba piloto fue del 5.28% con una desviación del 3.09%. Al revisar el comportamiento por máquina, se visualiza en la que la EP-09 ha ido disminuyendo su nivel de desperdicio diario de manera notoria, con un promedio de desperdicio del 5.85% y desviación del 6.10%. Sin embargo, a medida que pasaban los días y se mantenía el seguimiento al personal, el

desperdicio tomaba una tendencia a mantenerse en valores por debajo o bien cercanos al promedio.



**Figura 3.2 Comportamiento del nivel de desperdicio EP-09**  
Fuente: Autor

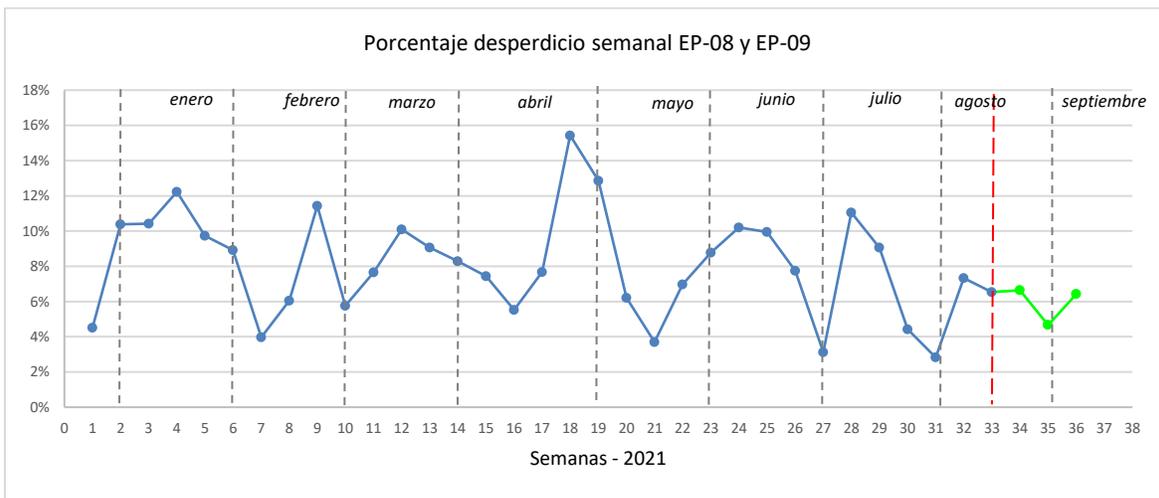
En el caso de la máquina EP-08, su valor promedio de desperdicio diario fue del 6.11% con una desviación del 4.46% de acuerdo con la Figura 3.3.



**Figura 3.3 Comportamiento del nivel de desperdicio EP-08**  
Fuente: Autor

De acuerdo con la Figura 3.3 y el comportamiento del nivel de desperdicios se ha podido ir ajustando con las diferentes acciones tomadas con el equipo; en el caso de la máquina EP-09 se observa que sus registros a partir del día décimo hacia adelante han mantenido una tendencia bien cercana al promedio, notando la reducción en su desviación y para la máquina EP-08 a pesar de que presentó un pico durante la prueba piloto, sus valores actuales están cercanos al promedio.

Considerando que la variable de medición del proyecto fue establecida como el promedio de desperdicio semanal; los 21 datos del piloto fueron promediados para poder visualizarlos bajo la misma escala de tiempo, de forma semanal, obteniendo un porcentaje promedio semanal de los datos de prueba de 5.90%. En la Figura 3.4 se puede apreciar la tendencia histórica de los promedios semanales.



**Figura 3.4 Comportamiento histórico desperdicio semanal EP-08 y EP-09**

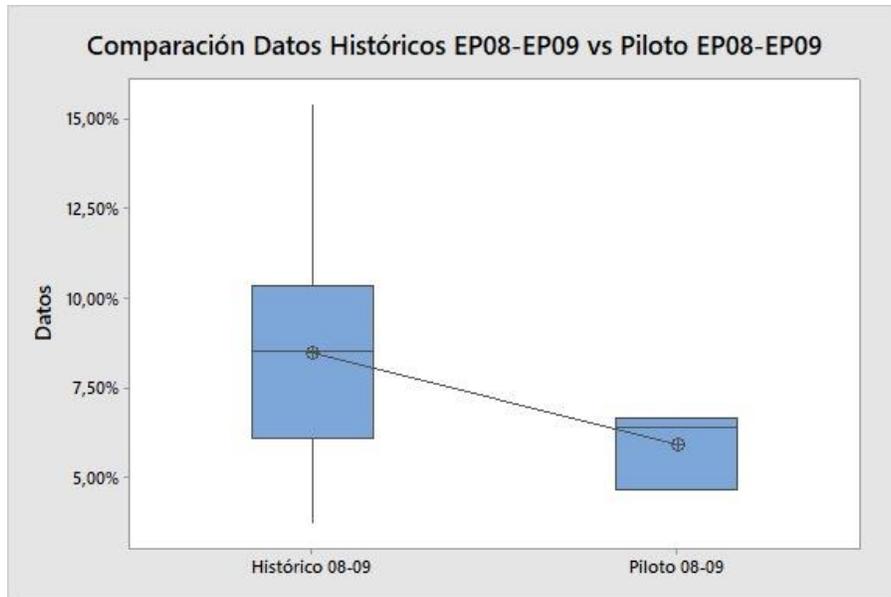
Fuente: Autor

En la Figura 3.4 se observa el promedio semanal de las máquinas EP-08 y EP-09 en el tiempo. A partir de la semana 34 los registros al ser controlados y monitoreados se han mantenido con menor variación.

Es importante destacar que los primeros resultados obtenidos de una prueba piloto pueden mejorarse en el tiempo o en el peor escenario mantenerse, ya que son un reflejo de la cooperación de todo el personal, no solamente, el personal de planta, sino de las áreas que participan para elevar el nivel de conocimiento al equipo y conservar los controles definidos.

### Resultados con respecto a las líneas EP-08 y EP-09

Comparando el porcentaje promedio de las tres semanas piloto versus el nivel de desperdicio promedio al inicio del proyecto, visualizamos en la Figura 3.5 un primer escenario controlado de reducción:



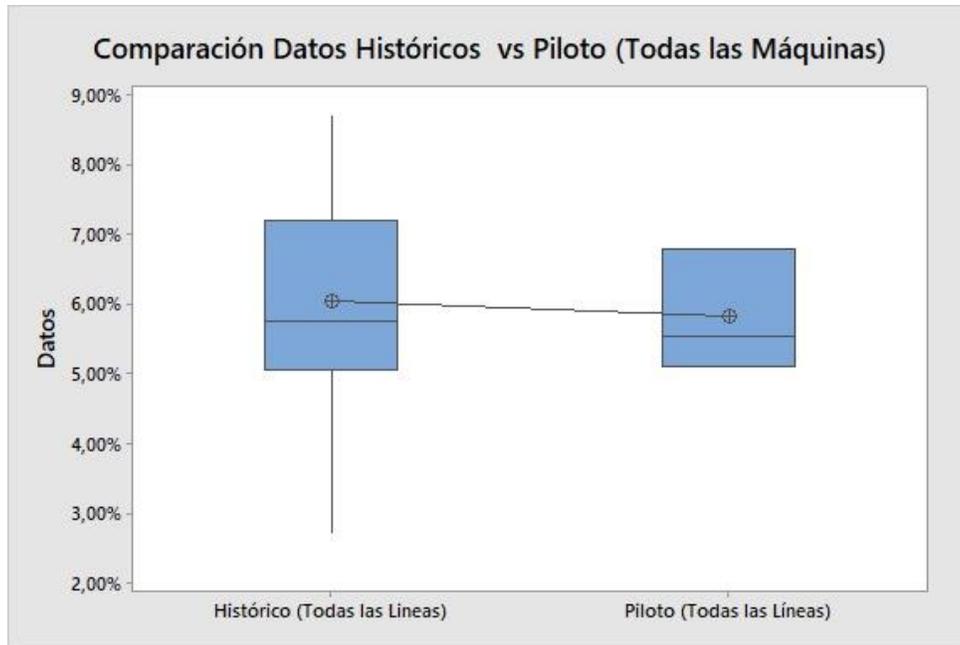
**Figura 3.5 Comparación del porcentaje de reducción en las máquinas EP-08 y EP-09**  
Fuente: Autor

En la Figura 3.5 se visualiza el porcentaje promedio semanal de desperdicio obtenido al inicio del proyecto, el cual fue del 8.47% para las máquinas EP-08 y EP-09 y con los resultados obtenidos en la prueba piloto se pudo apreciar una reducción controlada del 30.34% llegando al valor promedio del 5.90% de desperdicio semanal.

### Resultados con respecto al total de extrusoras

Incluyendo los registros de desperdicios del total de máquinas extrusoras, el promedio semanal como resultado de la ejecución de la prueba piloto fue del 5.83% con una desviación del 0.87%.

Como el porcentaje promedio semanal de todas las extrusoras al inicio del proyecto, fue de 6.04%, y contrastando con el valor real obtenido durante la prueba piloto, implementando las mejoras únicamente a dos de las siete máquinas, la reducción de acuerdo con la Figura 3.6 es del 3.51%.



**Figura 3.6 Comparación del porcentaje de reducción total en máquinas extrusoras**  
Fuente: Autor

Es importante mencionar que, si la implementación de las propuestas de mejora se replica para las demás máquinas extrusoras, tomando como referencia que en la prueba piloto se logró una reducción del 30.34%, el porcentaje promedio de desperdicio semanal asumiendo que el efecto es el mismo hacia todas las máquinas, se puede esperar reducir de 6.04% a 4.20% el promedio semanal.

### 3.2 Planificación de la producción

El uso del archivo Excel que contiene la secuenciación sugerida en función al grupo de familias de formulación es de gran ayuda ya que permite reordenar las órdenes de manera de mantener una mejor secuenciación. Como ejemplo se podría citar una orden de producción realizado meses anteriores versus una orden de producción realizada durante el uso del archivo piloto, la condición es utilizar el mismo código del producto que está relacionado a una misma receta.

**Ingrese la Orden de Fabricación a Consultar:**

**Cliete:**

**Fecha Ord/Fab:**

**Producto:**  **Cantidad:**  Kilos **Cantidad kilos:**

SECCION	PP. ENTRAN	PP. COSTO	K. PRODUC.	K. DESP.	M.PRIMA K.	MP. COSTO	UNID.PROD.
Extrusion	.00	0.0000	1343.00	22.00	1365.00	.00	0

Ingrese la Orden de Fabricación a Consultar: 57930		Fecha Ord/Fab: 2021-08-13					
Cliente:		Cantidad kilos: 6000.00					
Producto: 1213592	Cantidad: 6000.00 Kilos						
R11 BD Ntr 503mm*64mic NICHEREI M BRO 40-60 500g (V)							
NICHEREI M BRO 40-60 500g (V)							
SECCION	PP. ENTRAN	PP. COSTO	K. PRODUCC	K. DESP.	M.PRIMA K.	MP. COSTO	UNID.PROD.
Extrusion	.00	0,0000	6044.00	25.00	6069.00	.00	0

**Figura 3.7 Comparación de órdenes programadas en diferentes tiempos**

Fuente: Empresa

Como se observa en la Figura 3.7, se presentan dos órdenes, fabricadas en julio y en agosto respectivamente, con el mismo código y misma receta, y en agosto, la orden tomó un tiempo estimado de fabricación de 2 días. A pesar de haberse fabricado cantidades diferentes, se mide el porcentaje de desperdicio que generaron.

	orden ejemplo julio (sin mejoras)	orden ejemplo agosto (con mejoras)
Cantidad orden	1200 kg	6000 kg
Cantidad Materia prima	1365 kg	6069 kg
Desperdicio	22 kg	25 kg
% desperdicio	1.61%	0.41%

**Figura 3.8 Comparación entre órdenes fabricadas – julio y agosto 2021**

Fuente: Autor

La Figura 3.8 muestra el porcentaje de desperdicio obtenido para el mismo código de producto, el cual asegura que cuenta con la misma receta para su fabricación, pero que fueron fabricadas en tiempos diferentes. La orden procesada en el mes de julio generó el 1.61% de desperdicio, sin embargo, para la orden que ingresó a planta en el mes de agosto, en la cual ya se venía definiendo y haciendo pruebas preliminares con el planificador en el uso del archivo de programación con la secuenciación de órdenes, generó un desperdicio del 0.41%. es decir, el mismo código de producto disminuyó su porcentaje de desperdicio en un 74.44% el cual nos da un indicio, de que a pesar de que existan otros factores relacionados a estos dos eventos, la consideración de una secuenciación bajo la lógica planteada impacta de forma positiva reduciendo sus niveles de desperdicio.

Cabe indicar que, en este tiempo de prueba piloto, se ha podido evidenciar una mayor comunicación entre el área de planificación y la supervisión de producción, de manera que la mejor coordinación de la planificación, además de soportarse con la mejora en el archivo de Excel con la inclusión de macros y demás criterios e indicadores claves para la gestión de una orden, también depende de la comunicación efectiva entre los departamentos.

Al ser parte de un tiempo de pruebas piloto, en la cual el equipo requiere seguimiento y crear disciplina para cumplir con las acciones de mejora, los resultados que se van generando son un buen síntoma para argumentar que en el mediano y largo plazo si se mantiene la constancia para cumplir con las mejoras propuestas, los niveles de desperdicio del área serán controlados e irán disminuyendo hasta llegar a niveles bajos.

De la experiencia obtenida, al inicio se presentó una resistencia o desinterés en las ideas o propuestas socializadas, porque el personal espera sistemas laboriosos que le faciliten el proceso, cuando en primer lugar se debe crear disciplina y cultura en las personas para poder complementar con herramientas tecnológicas que aumentarán la eficiencia en la operación.

### **3.3 Elaboración de instructivos y capacitaciones**

Los instructivos realizados y actualizados comprenden la información técnica de los parámetros que se deben considerar en la puesta en marcha de las máquinas, los cuales se encuentran en los tableros del área. La información contenida fue validada por el encargado del área y socializada con el personal de planta como una tarea correspondiente al jefe de área.

Por lo que, en cada inicio de turno, el jefe de área una vez dada las instrucciones al personal, hace recordatorio del cuidado y atención al momento de realizar las configuraciones en máquina, así como el avisar oportunamente si una parte o pieza de la máquina tiene novedades.

Adicional de las capacitaciones técnicas solicitadas, se llevaron a cabo charlas de sensibilización para que el equipo sepa claramente el porqué es importante que las actividades de su día a día se realicen de forma segura, conociendo el procedimiento. Como resultado de estas actividades, se percibió al inicio la duda del personal de planta, por los diferentes seguimientos que se realizaban en la jornada.

Como punto favorable, la empresa por iniciativa propia realizó incentivos bajo un programa de mejora continua que permitía al personal de planta exponer todas las ideas de mejora de cada área al gerente general. A pesar de que esta actividad no forma parte de las actividades de este proyecto, se cita, ya que causó que el personal de planta se interese y sienta mayor compromiso al momento de realizar sus actividades. Los pequeños incentivos como la dotación de termos, ser escuchados por sus propuestas frente al gerente de la empresa, y que algunas de las iniciativas se encuentren en planes de puesta en marcha, están creando compromiso por parte del personal. Anexo 7

### **3.4 Impacto financiero**

Para estimar el impacto financiero, se calculó el ahorro generado por la reducción obtenida en la prueba piloto, considerando dos escenarios, el primero, donde la implementación se mantiene únicamente en las máquinas EP-08 y EP-09 y el segundo escenario, cuando la implementación se logra en todas las siete máquinas de la planta, es decir las dos áreas físicas.

La referencia recibida por el área contable es que el costo del proceso de extrusión es de \$1.57/kg. A partir de este valor, se realizará la estimación:

**Tabla 5**  
**Ahorro estimado en el área de extrusión**

	Ahorros estimados	
	Escenario 1	Escenario 2
	Reducción del 30.34% en un área de extrusión (EP-08 y EP-09)	Reducción del 30.34% en las dos áreas de extrusión
<b>Desperdicio promedio semanal (Kg)</b>	3258 kg	Área 1: 3258 kg   Área 2: 2045 kg
<b>Costo kg procesado (\$/kg)</b>	\$ 1.57	\$ 1.57
<b>Ahorro semanal por reducción (\$)</b>	\$1,551.91	\$2,526.02
<b>Ahorro mensual (\$)</b>	\$6,207.64	\$10,104.08

Fuente: Autor

Tal como se observa en la Tabla 5, si se mantienen las propuestas socializadas y puestas en marcha en el tiempo de prueba piloto, se llegará a obtener un ahorro mensual por reducción del desperdicio de \$6,207.64 si sólo se trabaja en un área física, que es donde se encuentran las máquinas EP-09 y EP-08. Pero, si se implementan las mejoras a las dos áreas se estima poder lograr un objetivo de ahorro de \$10,104.08 mensual.

## CAPÍTULO 4

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Se redujo el porcentaje de desperdicio semanal del área 1, máquinas EP-09 y EP-08 en la ejecución de una prueba piloto por 21 días, mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta, logrando reducir de 8.47% a 5.90%, esto equivale a haber reducido el desperdicio del área 1 en un 30.34%.
- A nivel general, incluyendo las dos áreas físicas de la empresa, la reducción del desperdicio en un área generó la reducción del porcentaje promedio total inicial de 6.04% a 5.83%, equivalente a una reducción sobre el indicador general del 3.51%.
- El desarrollo de capacitaciones técnicas y charlas de sensibilización al personal de planta logró generar compromiso con el proceso y la forma en que se trabaja.
- El ajuste realizado a la planificación de las órdenes de producción que se llevan en un archivo Excel, mediante la inclusión de macros que ordenan las órdenes en función a la familia de productos, permiten visualmente saber el estado de las órdenes y su priorización sin necesidad de revisar físicamente cada orden. Esto facilita la búsqueda del planificador y conocer el estado de cada una.
- El ahorro por disminuir el desperdicio, si se continua la implementación en el tiempo, sería de \$6,207.64 mensual si sólo se trabaja en un área física, sin embargo, si se replica la implementación en las dos áreas físicas se espera sea de \$10,104.08 mensual.

#### 4.2 Recomendaciones

Como todo proyecto, es necesario mantener la continuidad de las acciones propuestas o ejecutadas, por lo que, para poder generar impacto en el corto y largo plazo, se recomienda:

- Mantener reuniones diarias y breves al inicio de la jornada, con el personal de planta para receptar cualquier novedad que permita tomar acción inmediata.
- En la reunión matutina, revisar el indicador del desperdicio de la jornada anterior, de manera que el personal participe, identifique oportunidades y proponga mejoras sencillas que agilicen el flujo de trabajo sin que afecte a la calidad del proceso.
- El instructivo y manual de procedimiento debe de ser socializado de forma frecuente con el personal de planta, de esa manera se mantiene en firme el compromiso del personal. La socialización frecuente no debe ser mediante la lectura total del documento, o ser enviado al ingreso de un personal nuevo, sino mediante la enseñanza y capacitación constante, porque cada vez que se refresca el

conocimiento, se aumenta la capacidad de realizar un trabajo de forma correcta, a diferencia de una capacitación ocasional.

- Sincronizar con las áreas como mantenimiento, planificación y ventas comunicando el estado de los indicadores en reuniones semanales o quincenales para que todo el equipo se comunique bajo un mismo idioma, de manera que las actividades de la cadena de valor se mantengan sincronizado.
- El compromiso de la alta gerencia es crucial, por lo que es importante que se involucren las jefaturas en la consecución de las actividades pequeñas como reuniones de minutos pocos, recorridos en planta.

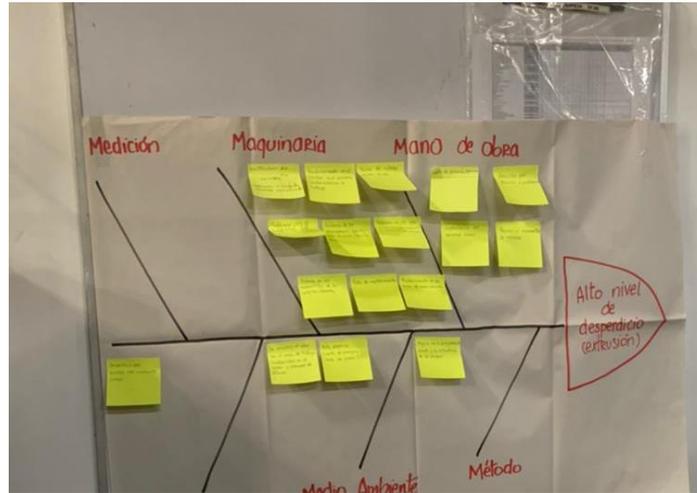
## BIBLIOGRAFÍA

- American Society for Quality. (2003). Failure Mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. 2nd ed.
- Bednarz, S., & Marriot, D. (1988). Efficient Analysis for FMEA. In S. Bednarz, & D. Marriot, Efficient Analysis for FMEA (pp. 416 - 420). Illinois.
- Ford Motor Company. (2008). Análisis de Modos y efectos de fallas potenciales. Chrysler LLC: AIAG.
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). The Lean Six Sigma Pocket Toolbox. New York: Mc Graw Hill.
- Gutiérrez P., H., & de la Vara S, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma (Segunda edición ed.). México D.F: Mc Graw Hill.
- Kmenta, S., Fitch, P., & Ishii, K. (1999, Septiembre 12 - 15). Advance failure modes and effects analysis of complex processes. Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences. Las Vegas.
- López Hernández, M. (2015). PROPUESTA DE MEJORA EN EL AREA DE CONVERSIÓN APLICANDO ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) EN LA EMPRESA CHIAPLAST S.A.P.I DE C.V.
- Sayer, N. J., & Williams, B. (2007). Lean for Dummies. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc.
- Veritas, B. (2020, Abril 22). Bureau Veritas. Retrieved from Bureau Veritas Formación
- Villacourt, M. (1992, September 30). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): A guide for continuous improvement for the semiconductor equipment industry.
- Zegarra, A. (2017). Reducción de productos no conformes en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF. Universidad San Ignacio de Loyola. Perú: Lima. Retrieved enero 2021

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### DESARROLLO DEL ISHIKAWA CON EL EQUIPO DE PLANTA



Fuente: Autor

## ANEXO B CARTA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

CARTA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO  
MAQUINA : COEXTRUSORA

DEPENDENCIA	SECCION			RUBRO		
	DESCRIPCION	UNIDAD	PERIODO	DESCRIPCION	UNIDAD	PERIODO
EXTRUSORA	LIMPIAR TORNILLO TUNEL Y REVISAR DIMENSIONES	MEDICION MANUAL - VISUAL	SEMESTRAL	COMPROBAR EL NIVEL DE OIL Y REVISAR EL ESTADO DE LAS PARTES MOVILES Y EL ESTADO DE LOS CABLES DE ALIMENTACION DE LA MAQUINA	VISUAL VOLTAJEADO	TRIMESTRAL
CABLEN DE SOPLADO	REVISAR SUPERFICIE DE ANILLO BOQUILLA MANOMETRO Y ROL DE AIRE RESERVAS	VISUAL	TRIMESTRAL	REVISAR RESISTENCIA ELECTRICA TUNEL	VISUAL VOLTAJEADO	SEMESTRAL
CABLEN DE SOPLADO	REVISAR TENSION DE SOPLADO MEDIANTE FUNCIONAMIENTO DE VALVULA ELECTROVALVULA	VISUAL	TRIMESTRAL	REVISAR LOS TEMPERATURAS Y VIBRACIONES	VISUAL VOLTAJEADO	TRIMESTRAL
CABLEN DE SOPLADO	REVISAR MANEJO DE AIRFLOW	VISUAL	SEMESTRAL			
CABLEN DE SOPLADO	REVISAR LOS COMPONENTES DE LAS BOMBAS DE REFRIGERACION DEL AIRE Y COMPRESOR PLASMA	VISUAL AUDIACION	SEMESTRAL			
MECANISMO MOTOR PRINCIPAL	VERIFICAR LA TENSION DE LA BANDA REDUCTORA DE VELOCIDAD EL NIVEL DE ACEITE, FLUIDOS DE AIRE COMPRESO Y AGUA	VISUAL	SEMESTRAL	REVISION DE CABLES, MOTORES AC, SENSOR DE ACEITE Y VERIFICAR DE FRECUENCIA	VISUAL LIMPIEZA	TRIMESTRAL
MOJILLO DE TRO	MOJILLO CAUCHO DIALINDO			CONTACTORES / BOBINAS / BOBINAS / MOTOR	VISUAL /	

Fuente: Empresa

## ANEXO C ACTA DE ASISTENCIA CAPACITACIÓN DE SENSIBILIZACIÓN

Revisión de conocimientos

Tema: Registro de horas, desperdicio y merma  
 Fecha: 29/07/21  
 Horario:

ASISTENCIA

N°	NOMBRES Y APELLIDOS	CÉDULA	FIRMA
1	John T. ...	...	[Firma]
2	...	...	[Firma]
3	...	...	[Firma]
4	...	...	[Firma]
5	...	...	[Firma]
6	...	...	[Firma]
7	...	...	[Firma]
8	...	...	[Firma]
9	...	...	[Firma]
10			

Observaciones:

---



---

Fuente: Autor

## ANEXO D

### FRECUENCIA DE REVISIONES EN MÁQUINA

PROCESO: EXTRUSIÓN DE PELÍCULA DE PLIETILENO SOPLADA  
REVISIONES GENERALES EN MÁQUINA

ELEMENTO DE MÁQUINA	FRECUENCIA		
	Diario	Semanal	Quincenal
Tablero de control de velocidad	x		
Tablero de control de Presión y temperatura	x		
Ventiladores de control		x	
Absorbedores		x	
Caja de cambio de aceite		x	
Rodamientos		x	
Bobinas		x	
Filtros		x	
Resistencias eléctricas		x	
Barras del tratador		x	
Anillo			x
Motor			x

Fuente: Autor

# ANEXO E

## INSTRUCTIVOS TÉCNICOS DE INSPECCIÓN

### INSTRUCCIONES DE INSPECCION

Pág. 1 de 5

ÁREA: EXTRUSIÓN DE PELÍCULA SOPLANA				CODIGO: REP P 02 2 (03)		
OBJETO: Medición y control del espesor de películas moldeadas.						
BOMBE DEL PRODUCTO Purcos naturales o degenerados.		USO Extrusión de toros y fundas	FUEL. DE REFERENCIA REP P 02		REVISADO POR: Jefe de Control de Calidad	
LUGAR DE INSPECCIÓN: Laboratorio de Control de Calidad		MEDIADOR O MEDIDO POR: Departamento de Control de Calidad			REVISADO POR: Jefe de Control de Calidad	
ITEM	CARACTERÍSTICA A INSPECCIONAR	VALOR NOMINAL	RANGO	MÉTODO DE INSPECCIÓN	INSPECCIONADO POR	PLAN DE MUESTREO
1	ESPESOR PROMEDIO PARA PELÍCULAS DE 18 MICRAS A MAS.	N=30	+/- 5 % (R)	MEDICIÓN	ANALISTA DE CONTROL DE CALIDAD	TOMAR MUESTRAS AL INICIO DEL TRABAJO, AL INICIO DE CADA TURNO, Y POR LO MENOS DE UNA PARADA DEL TURNO.
	VERIFICACIÓN DE PUNTEO PARA PELÍCULAS DE 18 MICRAS A MAS.	N=30	+/- 10 % (R)			
2	ESPESOR PROMEDIO PARA PELÍCULAS ENTRE 12 Y 20 MICRAS	10+N+30	+/- 10 %			
	ESPESOR DE PUNTEO PARA PELÍCULAS ENTRE 12 Y 20 MICRAS	10+N+30	+/- 20 %			
3	ESPESOR PROMEDIO PARA PELÍCULAS MUNDONES A 18 MICRAS	8+10	+/- 10 %			
	VERIFICACIÓN DE PUNTEO PARA PELÍCULAS MUNDONES A 18 MICRAS	8+10	+/- 30 %			
<b>REGISTRO DE RESULTADO:</b> Los resultados obtenidos en las mediciones se anotan en la "Carta de Control de Deviación" de Control de Calidad.						
<b>MÉTODO DE INSPECCIÓN:</b> Utilizando el micrómetro Digital CC-05, se mide a espacios equidistantes el espesor en una lámina, anotando sobre la misma el resultado de la lectura. Entre mediciones hacer de 5 a 10 cm.						
<b>ACCIONES CORRECTIVAS:</b> De encontrar diferencias entre los valores medidos y las tolerancias del nominal, el analista informará al operador y/o al Supervisor para que se tome la acción correctiva. Además, procederá a identificar al producto con etiqueta "Desviado" y seguir el procedimiento para el "Control de Productos No Conformes".						
<b>EXCEPCIONES:</b> 4. Se considera con +/- 10 % de espesor promedio y +/- 20 % de espesor por puntas las películas con M.S.: de 3.50 más. Se incluyen en esta excepción los reprocesados, laminados, fundas de vacío, urea y resfaba. Respeto al espesor de puntas, se considera como aceptada una muestra de lámina, cuando tiene como mínimo 4 puntas fuera de la tolerancia. Para muestras láminas o toros se aceptan 4 puntas.						

N: Valor nominal que aparece en la orden de fabricación.

M: %: Relación de medidas.

Fuente: Empresa

## INSTRUCCIONES DE INSPECCION

Pág. 4 de 5

<b>AREA:</b> EXTRUSION DE PELICULA SOPLADA						
<b>OBJETO:</b> Detección y corrección de defectos.						
<b>NOMBRE DEL PRODUCTO</b> Rollos naturales o pigmentados.		<b>USO</b> Elaboración de rollos y fundas		<b>PROC. DE REFERENCIA</b> RBP PP 02		<b>REVISADO POR:</b> Jefe de Control de Calidad
<b>LUGAR DE INSPECCION:</b> Laboratorio de Control de Calidad			<b>DOCUMENTO EMITIDO EN:</b> Departamento de Control de Calidad		<b>EMITIDO POR:</b> Jefe de Control de Calidad	
ITEM	CARACTERISTICAS A INSPECCIONAR	VALOR NOMINAL	RANGO	MÉTODO DE INSPECCIÓN	INSPECCIONADO POR	PLAN DE MUESTREO
11	DEFECTOS: - RAYAS - GRUMOS - QUEMADO - OJOS DE PESCADO - VIBRADO - VETAS DE COLOR - OLOR EXTRAÑO	---	AUSENCIA O PRESENCIA	VISUAL / SENSORIAL	ANALISTAS DE CONTROL DE CALIDAD	TOMAR MUESTRAS AL INICIO DEL TRABAJO, AL INICIO DE CADA TURNO, Y POR LO MENOS DE UNA PARADA DEL TURNO.
<b>REGISTRO DE RESULTADOS:</b> La presencia de uno o mas de estos defectos genera un formulario de "MATERIAL SEPARADO"						
<b>METODO DE INSPECCION:</b> <b>VISUAL</b> <u>Rayas</u> Líneas longitudinales en dirección máquina que debilita la resistencia del material al hacer tracción manual sobre <u>Grumos</u> Partículas de plástico no fundido que pueden afectar los siguientes procesos o el uso del material. <u>Queinado</u> Partículas negras que pueden afectar los siguientes procesos o el uso del material. <u>Ojos de pescado</u> Burbujas el interior de la lámina. Bajan el espesor y afectan la resistencia mecánica y la apariencia. <u>Vibrado</u> Rugosidad en la superficie de la lámina que afecta al espesor y dificulta la impresión/laminación del material. <u>Vetas de color</u> Pigmentación no deseada, parcial o total, de la lámina, causada por "contaminación". <b>SENSORIAL</b> <u>Olor extraño</u> Aroma distinto al característico (plástico) de una lámina que afectará su uso final.						
<b>ACCIONES CORRECTIVAS:</b> De encontrar cualquiera de los defectos antes mencionados, el analista informará al operador y/o al Supervisor para que se tome la acción correctiva. Además, procederá a identificar al producto con etiqueta "Separado" y aplica el procedimiento para el "Control de Productos No Conformes".						
<b>EXCEPCIONES:</b>						

Fuente: Empresa

## ANEXO F

### IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS EN MÁQUINA

#### PARÁMETROS A CONSIDERAR EN PROCESO DE EXTRUSIÓN

PROCESO: EXTRUSIÓN DE PELÍCULA DE PLIETILENO SOPLADA

OBJETIVO: Controlar los parámetros del proceso

RESPONSABLES: Personal de cada turno del área de extrusión

PARÁMETROS A INSPECCIONAR EN EL PROCESO	RANGO		MÉTODO DE INSPECCIÓN	INSPECCIONADO POR
Velocidad del tornillo	Según ficha técnica del proceso	± 5%	Lectura	Operador
Velocidad de línea		± 5%	Lectura	
Amperaje del motor principal		± 5%	Lectura	
Temperatura inicial del tornillo		± 10%	Lectura	
Temperatura de salida		± 10%	Lectura	
<b>CARACTERÍSTICAS A CONTROLAR:</b>				
Ancho	Según OF		Medición	Operador
Espesor	Según OF		Medición	
Espesor de puntos para películas de más de 30 mic			Medición	
Espesor de puntos para películas entre 15 y 20 mic			Medición	
Espesor de puntos para películas menores a 15 mic			Medición	

Fuente: Empresa

## ANEXO G

### INICIATIVA DE LA GERENCIA PARA INICIAR PROGRAMA DE MEJORA



Fuente: Empresa