

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

"Reducción de scrap en una industria plástica"

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

María Gabriela Pesantes Avilés

Luis Alberto López Alvarado

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme alcanzar una de las metas más anheladas en mi vida.

A mis padres Sr. Luigui Pesantes y Sra. Angee Avilés por ser ese apoyo incondicional en cada momento de mi vida, quienes me han inculcado trabajar con ética, responsabilidad, humildad y amor.

A mis profesores por todos los conocimientos aportados, especialmente a mi tutor, MSc. Edwin Desintonio quien fue guía y soporte para la realización de este proyecto. A mis compañeros quienes me acompañaron en mi etapa académica.

Finalmente, al Sr. Joseph Sánchez por brindarme su apoyo y colaboración en todo momento.

María Gabriela Pesantes Avilés

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de culminar este arduo camino con éxito, a mis padres que con su esfuerzo y sacrificio me han impulsado a seguir mis sueños y alcanzarlos, a mi novia por ser mi apoyo incondicional y compañera de vida, a mis compañeros por haber sido parte en este proceso de aprendizaje, a mi compañera de proyecto por aceptar este reto con valentía y entrega, y a mis profesores que dieron lo mejor si en las aulas para hacernos profesionales de excelencia, en especial al MSc. Edwin Desintonio por ser nuestro mentor y guía a lo largo del desarrollo del presente proyecto.

Luis Alberto López Alvarado

## DECLARACIÓN EXPRESA

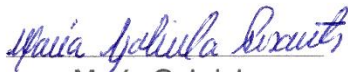
“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la Materia Integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Autor 1: María Gabriela Pesantes Avilés

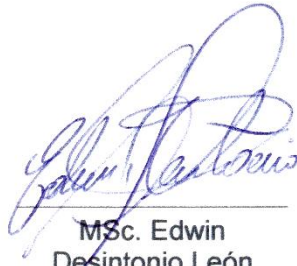
Autor 2: Luis Alberto López Alvarado

Tutor de Materia Integradora: MSc. Edwin Desintonio León

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



María Gabriela  
Pesantes Avilés  
AUTOR 1



MSc. Edwin  
Desintonio León  
TUTOR DE MATERIA  
INTEGRADORA



Luis Alberto López  
Alvarado  
AUTOR 2

## RESUMEN

Pack Solutions S.A. (nombre ficticio con fin de reservar la confidencialidad de los datos) es una empresa que fabrica empaques plásticos flexibles de polietileno, y desde el año 2014 hasta la actualidad se han registrado altos índices de scrap, especialmente en el área de extrusión. Por lo tanto, el presente trabajo está enfocado en la reducción del exceso de desperdicio que se genera en dicha área de la empresa. El objetivo de este proyecto es disminuir el porcentaje de desperdicio promedio en extrusión en un 20%, debido a que la empresa posee un estándar que limita este porcentaje y actualmente no se está cumpliendo.

Para el desarrollo del presente proyecto se empleó la metodología DMAIC, donde en la primera fase que es Definir, se determinaron necesidades del cliente que posteriormente se convirtieron en variables que contribuyeron de manera significativa a cuantificar el problema. Para la fase de Medir, se tomaron datos de las variables de interés, donde se procedió a analizar esta información recolectada en equipos de trabajo conformados por operadores y personal involucrado en el proceso. En la fase de Mejora, se plantearon varias propuestas de mejora para las causas raíces encontradas que poseen mayor impacto en la problemática. Finalmente, en la fase de Control, se definieron acciones para que todas las mejoras propuestas perduren a través del tiempo.

Con la implementación de la estandarización del proceso de cambio de trabajo y el diseño de un modelo de secuenciación utilizando la metodología S-DBR, se analizaron los escenarios de antes y después de la implementación, obteniendo como resultado que el porcentaje de desperdicio en promedio se redujo en un 45.40%.

Como conclusión, con las implementaciones realizadas para el primer año se espera alcanzar un ahorro estimado de \$9258.42.

Palabras Clave: Desperdicio, scrap, extrusión

## **ABSTRACT**

*Pack Solutions S.A. (fictitious name in order to preserve the confidentiality of the data) is a company that manufactures flexible polyethylene plastic packaging, and from the year 2014 to the present there have been high rates of scrap, especially in the area of extrusion. Therefore, the present work is focused on the reduction of the excess of waste that is generated in this area of the company. The objective of this project is to reduce the percentage of average waste in extrusion by 20%, because the company has a standard that limits this percentage and is not currently being met.*

*For the development of the present project the DMAIC methodology was used, where in the first phase that is Define, customer needs were determined that later became variables that contributed significantly to quantify the problem. For the Measure phase, data were taken from the variables of interest, where we proceeded to analyze this information collected in work teams formed by operators and personnel involved in the process. In the Improvement phase, several proposals for improvement were proposed for root causes found that have the greatest impact on the problem. Finally, in the Control phase, actions were defined so that all proposed improvements would last through time.*

*With the implementation of the standardization of the work change process and the design of a sequencing model using the S-DBR methodology, the scenarios of before and after the implementation were analyzed, obtaining as a result that the percentage of waste on average reduced by 45.40%.*

*As a conclusion, with the implementations made for the first year is expected to reach an estimated savings of \$ 9258.42.*

*Keywords: Waste, scrap, extrusion*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.1 Variable de medición .....	3
1.1.2 Alcance del proyecto.....	3
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Marco teórico.....	4
1.3.1 Seis Sigma.....	4
1.3.2 Mejora Continua.....	4
1.3.3 VSM (Value Stream Mapping) .....	5
1.3.4 VOC (Voice of Customer) .....	5
1.3.5 Matriz de priorización de Causas.....	5
1.3.6 Los 5 ¿Por qué? .....	6
1.3.7 Gráfica Causa – Efecto (Ishikawa).....	6
1.3.8 Gráfica de Pareto.....	6
1.3.9 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) .....	6
1.3.10 SIPOC.....	6

1.3.11	Project Charter .....	7
1.3.12	Matriz esfuerzo versus impacto .....	7
1.3.13	Sistema Tambor-Amortiguador-Cuerda Simplificado (S-DBR) .....	7
CAPÍTULO 2.....		8
2.	Metodología .....	8
2.1	Definir .....	9
2.2	Medir .....	14
2.2.1	Confiabledad de los datos.....	18
2.3	Analizar .....	19
2.4	Mejorar .....	27
2.4.1	Soluciones propuestas.....	27
2.4.2	Evaluación y selección de soluciones.....	27
2.4.3	Diseño de las soluciones propuestas.....	29
2.5	Controlar.....	34
CAPÍTULO 3.....		36
3.	Resultados.....	36
3.1	Resultados de los escenarios definidos .....	36
3.2	Análisis estadístico .....	38
3.3	Análisis de costos.....	41
CAPÍTULO 4.....		43
4.	Discusión y Conclusiones .....	43
4.1	Conclusiones.....	43
4.2	Recomendaciones.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....		45
APÉNDICES.....		46



## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve & Control
PEBD	Polietileno de baja densidad
PEAD	Polietileno de alta densidad
PEBL	Polietileno de baja densidad lineal
PEBDM	Polietileno de baja densidad metaloceno
BOPP	Polipropileno Biorientado
RPM	Revoluciones por minuto
AMEF	Análisis de Modo y Efecto de Falla
NPR	Número Prioritario de Riesgo
VSM	Value Stream Mapping
VOC	Voice of customer (Voz del cliente)
MTO	Make to Order
CTQ	Critical to quality
SIPOC	Suppliers Inputs Process Output Customers
PYME	Pequeña y Mediana Empresa
S-DBR	Simplified Drum Buffer Rope
DBR	Drum Buffer Rope

## SIMBOLOGÍA

Kg	Kilogramo
g	Gramo
in	Pulgadas
m	Metro
μm	Micrómetro
cm	Centímetro

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Porcentaje de scrap por área vs Porcentaje de scrap estándar por área de trabajo ..	2
Figura 1.2 Scrap generado por todas las áreas de trabajo de la empresa .....	2
Figura 2.1 Macro proceso de la empresa .....	9
Figura 2.2 Scrap promedio mensual.....	10
Figura 2.3 Diagrama SIPOC del proceso de Extrusión .....	11
Figura 2.4 Entrevista con directivos.....	12
Figura 2.5 Herramienta 3W+2H para declarar el problema.....	12
Figura 2.6 Gráfica de alcance del proyecto .....	14
Figura 2.7 Reporte diario de extrusión.....	16
Figura 2.8 Reporte de extrusión por máquina del mes de enero .....	16
Figura 2.9 Reporte de extrusión por máquina del mes de febrero .....	17
Figura 2.10 Reporte de extrusión por máquina del mes de marzo.....	17
Figura 2.11 Certificados de calibración de balanzas.....	18
Figura 2.12 Scrap por categorías registradas en reportes de extrusión.....	20
Figura 2.13 Actividad realizada con los operadores .....	21
Figura 2.14 Diagrama Causa – Efecto para Cambio de trabajo.....	21
Figura 2.15 Diagrama Causa – Efecto para Hueco en el globo .....	22
Figura 2.16 Reunión con el personal de extrusión.....	22
Figura 2.17 Matriz de priorización de soluciones .....	28
Figura 2.18 Matriz de priorización de soluciones .....	29
Figura 2.19 Interfaz gráfica del programa prototipo .....	33
Figura 2.20 Capacitación al personal .....	34
Figura 3.1 Porcentaje de scrap en los escenarios propuestos.....	38
Figura 3.2 Gráfica de distribución.....	40
Figura 3.3 Prueba de hipótesis para diferencia de dos proporciones muestrales .....	40
Figura 3.4 Ahorros proyectados a 3 años.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Cronograma de actividades del Proyecto .....	8
Tabla 2.2 Matriz VOC .....	13
Tabla 2.3 Plan de recolección de datos.....	15
Tabla 2.4 Causas de scrap por Cambio de trabajo.....	23
Tabla 2.5 Causas de Scrap por Hueco en el globo.....	23
Tabla 2.6 AMEF de causas potenciales .....	25
Tabla 2.7 Herramienta “5 Why’s” para identificar causas raíces .....	26
Tabla 2.8 Soluciones propuestas .....	27
Tabla 2.9 Calificación para las propuestas de soluciones.....	28
Tabla 2.10 Calificación para las propuestas de soluciones.....	29
Tabla 2.11 Plan de implementación de Soluciones 1 .....	30
Tabla 2.12 Plan de implementación de Soluciones 2 .....	31
Tabla 3.1 Resultados antes de la implementación.....	37
Tabla 3.2 Resultados antes de la implementación.....	37
Tabla 3.3 Resultados antes de la implementación.....	41

# CAPÍTULO 1

## 1. Introducción

La empresa Pack Solutions S.A. (nombre ficticio con fin de reservar la confidencialidad de los datos) es una PYME ecuatoriana dedicada a la fabricación y confección de empaques plásticos flexibles, tanto extruidos e impresos de color natural, laminados y coextruidos en dos y tres capas, usando variedades de resinas de polietileno y pigmentos. Esta organización fue creada en el año 2000 y durante sus 3 últimos años de funcionamiento ha estado a cargo de la actual administración.

La planta posee cinco áreas de trabajo: extrusión, impresión, laminación, corte y sellado, donde se realizan las distintas órdenes de producción, que se desarrollan en un ambiente MTO (Make to Order), es decir que la producción inicia cuando hay un requerimiento en firme del cliente.

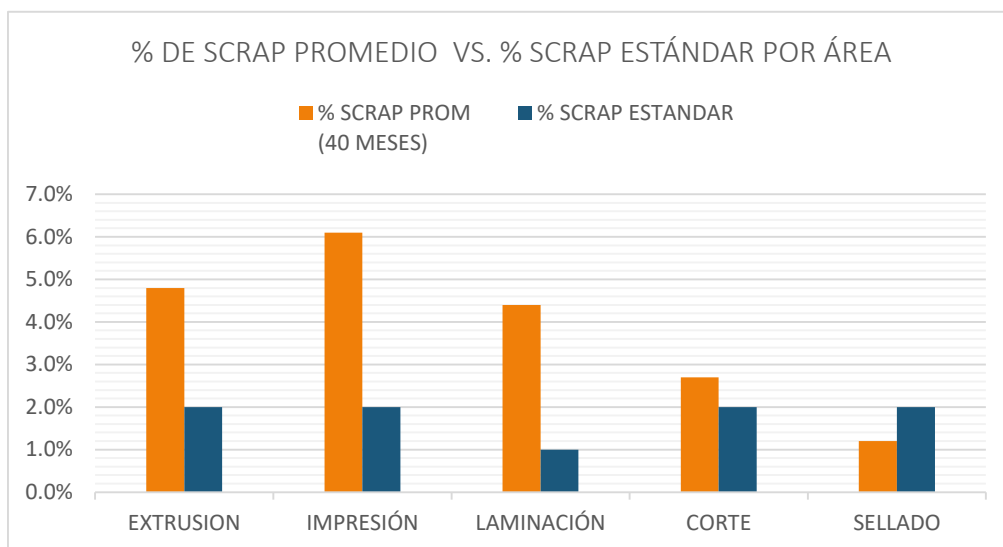
Durante los años de operación de la empresa se han registrado cantidades significativas de desperdicio entre las áreas de trabajo anteriormente mencionadas. Este exceso genera un aumento en el costo de producción y desperdicio de materia prima. Es entonces de suma importancia realizar una inmediata acción de mejora en los procesos que garantice un mejor desarrollo, aprovechando los recursos. Por este motivo el presente proyecto integrador busca solucionar el superávit de desperdicio, también denominado scrap, en el área de extrusión de la planta a través de su reducción, que es el resultado de las actividades de fabricación mediante el uso de la herramienta DMAIC para la solución de problemas.

### 1.1 Planteamiento del problema

Cada área de trabajo genera mensualmente una cantidad de desperdicio cuantificable de forma porcentual con respecto al peso total producido. Actualmente la generación de material de desperdicio, que se origina en cada uno de los procesos productivos de la planta se ha incrementado significativamente, lo que ocasiona que

no se cumplan los porcentajes de scrap estándar que la empresa posee tal como se muestra en la Figura 1.1. y en la Figura 1.2.

El problema en Pack Solutions S.A. se definió como: **“Durante los últimos 3 años, el nivel de scrap ha sido 4.8% en promedio, mientras que la compañía tiene un máximo de 2% de nivel de scrap como estándar en el área de trabajo de extrusión”**



**Figura 1.1 Porcentaje de scrap por área vs Porcentaje de scrap estándar por área de trabajo**

Elaboración propia.



**Figura 1.2 Scrap generado por todas las áreas de trabajo de la empresa**

Elaboración propia.

En el capítulo 2 en la sección de metodología, se encuentra el detalle de qué herramientas se utilizaron para plantear el problema.

### **1.1.1 Variable de medición**

La variable de medición considerada en el desarrollo del proyecto es el porcentaje de scrap que se genera en el área de trabajo de extrusión. Esta variable de medición hace referencia a los kilogramos de desperdicio generados durante el proceso de extrusión y a los kilogramos de producción buena que se obtiene en el mismo proceso. Se ha tomado en consideración esta variable con el objetivo de reducir este porcentaje.

### **1.1.2 Alcance del proyecto**

Con el objetivo de condicionar el proyecto para lograr los resultados esperados, considerando limitantes de tiempo y recursos, se definió el alcance del proyecto que comprende los procesos que se realizan en el área de extrusión desde que el vendedor recibe la orden de pedido por parte del cliente hasta que ésta se pone en el piso de producción.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Reducir la diferencia entre el porcentaje de scrap propuesto por la empresa y el porcentaje actual en un 20%, generado por el desorden en las órdenes de producción y por cambio de formato, en el área de trabajo de extrusión en la empresa Pack Solutions S.A, mediante el diseño de soluciones efectivas obteniendo ahorros monetarios.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Desarrollar un modelo de secuenciación usando la metodología S-DBR para las órdenes de producción en el área de extrusión.
- Definir un proceso estándar para realizar cambio de trabajo en el área de extrusión para la máquina SIUS.

## 1.3 Marco teórico

### 1.3.1 Seis Sigma

El concepto Seis Sigma ayuda a conocer y comprender los procesos, de tal manera que puedan ser modificados al punto de reducir el desperdicio generado en ellos. Esto se verá reflejado en la reducción de los costos de hacer las cosas, a la vez que permite asegurar que el precio de los productos o servicios sean competitivos, no mediante la reducción de ganancias o reducción de los costos de hacer bien las cosas, sino de la eliminación de los costos asociados con los errores o desperdicios. [1]

### 1.3.2 Mejora Continua

La mejora continua es un proceso que pretende mejorar los productos, servicios y procesos de una organización mediante una actitud general, la cual configura la base para asegurar la estabilización de los circuitos y una continuada detección de errores o áreas de mejora. Constituye un método eficaz para lograr la calidad total, también denominada excelencia, que es la evolución que ha ido experimentando el concepto de calidad. La calidad es, por lo tanto, el estado más evolucionado dentro de las sucesivas transformaciones que ha sufrido el término de calidad a lo largo del tiempo. [2]

#### 1.3.2.1 DMAIC

DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Seis Sigma y es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado (McCarty et al., 2004). Consistente de 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar). Cada una de estas fases utiliza diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a ciertas preguntas específicas que dirigen el proceso de mejora [3]

#### Fases de la metodología DMAIC

- **Definir:** es la primera fase de cualquier proceso de mejora continua, y sirve para identificar los factores importantes para determinar el propósito de la mejora y los recursos que se necesitaran para llevar



a cabo el proyecto. Se usan en esta etapa herramientas tales como VOC y diagrama SIPOC.

- **Medir:** es la fase donde se lleva a cabo la recolección de información del proceso clave para el cliente identificando sus características claves.
- **Analizar:** en esta fase se ejecuta el respectivo análisis de la información obtenida en la fase anterior con el fin de determinar la causa raíz que origina el problema.
- **Mejorar:** esta fase consiste en eliminar la causa raíz detectada, a través del desarrollo de propuestas de mejora y su adecuada implementación.
- **Controlar:** es la última fase donde principalmente se busca dar seguimiento a las acciones de mejora implementadas y que estas se ajusten a los objetivos propuestos.

### **1.3.3 VSM (Value Stream Mapping)**

Es una herramienta de Lean que emplea un diagrama de flujo que documenta en alto detalle cada paso de un proceso, fundamental para identificar desperdicios, reducir los tiempos de ciclo de proceso e implementar la mejora de procesos. [4]

### **1.3.4 VOC (Voice of Customer)**

Es la retroalimentación proveniente de los clientes, tanto futuros como actuales donde indican si los servicios ofrecidos son de su satisfacción o no. Se puede obtener información del cliente mediante encuestas, entrevistas, reuniones en grupo, etc. [5]

### **1.3.5 Matriz de priorización de Causas**

Evalúa y prioriza una lista de opciones determinando cuál de ellas es más relevante utilizando un criterio de decisión específico de selección con el fin de disminuir a un número manejable de soluciones del total posible facilitando la toma de decisiones. [6]

### **1.3.6 Los 5 ¿Por qué?**

Es una técnica básica para el análisis de las causas raíces asociadas a un problema preguntando recursivamente ¿por qué? Permitiendo desarrollar planes de acción correctivas enfocadas. [7]

### **1.3.7 Gráfica Causa – Efecto (Ishikawa)**

Es un diagrama que permite identificar todas las posibles causas asociadas a un efecto un problema, a través del uso de una lluvia de ideas que posteriormente son categorizadas. [8]

### **1.3.8 Gráfica de Pareto**

Es un gráfico de barras que representa la frecuencia o costo que están ordenadas de forma descendente de izquierda a derecha de tal forma que se muestra de forma visual cuales situaciones son más significantes, logrando una relación aproximada de 80 – 20, donde el 20% de las causas generan el 80% de los efectos. [9]

### **1.3.9 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)**

Es una herramienta para identificar todos los posibles modos de falla de un diseño, un proceso de producción o servicio. Que nos permite priorizar las causas de acuerdo con el número prioritario de riesgo (NPR) asociado a su severidad, ocurrencia y detención. [10]

### **1.3.10 SIPOC**

El diagrama SIPOC, compuesto por sus siglas en ingles que forman el acrónimo de: Proveedores (S), entradas (I), procesos (P), salidas (O) y clientes (C).

- Los proveedores son quienes suministran todos los recursos que tendrán una transformación dentro del proceso
- Las entradas establecen la información o material requerido.
- La salida es el producto, servicio o la información que será enviada al cliente.
- Los clientes que pueden ser tanto internos como externos.

El diagrama de SIPOC es de gran provecho, debido a que permite mostrar de manera general todos los elementos básicos que se utilizan en el proceso, proporcionando a las personas ver lo que se realiza como parte del proceso.

### **1.3.11 Project Charter**

Es un documento que brinda un marco de referencia y objetivos para un proyecto Seis Sigma, donde se encuentra resumida toda la información del proyecto a realizarse, la importancia que tiene para la organización, definición del problema, los objetivos del proyecto, alcance, equipo de trabajo, restricciones y recursos. [11]

### **1.3.12 Matriz esfuerzo versus impacto**

Herramienta que permite resumir de forma visual las causas de un problema encontrado y colocarlas en la matriz para ser ubicadas conforme a su impacto en el cuadrante apropiado. Los cuadrantes de la matriz reflejan el grado de esfuerzo que se necesita y tiene en uno de sus ejes la escala de esfuerzo que va desde aplicar un bajo esfuerzo hasta uno mayor, y en el otro eje se encuentra el impacto que se mide de igual forma como el esfuerzo, yendo desde bajo impacto hasta uno mayor.

### **1.3.13 Sistema Tambor-Amortiguador-Cuerda Simplificado (S-DBR)**

El sistema S-DBR es la nueva versión de DBR. Este sistema funciona de igual forma que el tradicional, pero con la diferencia de que no existe un recurso restringido de capacidad. Además de esta diferencia, existe un solo amortiguador que es el de embarque, y no se requiere una programación detallada para ningún centro de trabajo. También utiliza una nueva herramienta de control: planeación de la carga (WLC), para asegurar el rendimiento durante la operación.

# CAPÍTULO 2

## 2. Metodología

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo siguiendo la metodología DMAIC. En la tabla 2.1 se detallará cada una de las fases con sus respectivas actividades realizadas. Para las fases de Medición y Análisis se realizaron actividades para tener conocimiento de que área de trabajo es la mayor aportadora de scrap y causas raíces del problema, mientras que para las fases de Mejora y Control se encontrará detalladamente las soluciones propuestas para reducir la variable de respuesta, así como medidas para que las soluciones a implementarse se realicen con éxito y perduren en el tiempo.

**Tabla 2.1 Cronograma de actividades del Proyecto**

FASE	ACTIVIDAD	
DEFINIR	Programar reuniones con el personal de la compañía	
	Revisar y procesar información histórica	
	Definir el problema de estudio	
	Establecer la variable de respuesta	
	Establecer el alcance del proyecto	
	Realizar análisis SIPOC de la empresa	
MEDIR	Realizar visitas a la planta	
	Recolectar información del proceso	
	Definir plan de recolección de datos	
ANALIZAR	Realizar un análisis de los datos	
	Identificar hallazgos del proceso	
	Identificar causas	Diagrama de Ishikawa
		Priorización de causas
		AMEF
		5 porque
	Validar Causas	Caminata Gemba
		Observación directa
Datos históricos		
MEJORAR	Realizar lluvia de ideas para las soluciones	
	Relacionar las soluciones con las causas	
	Priorizar las soluciones	
	Definir plan de implementación	
	Implementar plan ganador	Implementación temporal
		Medir ahorro económico
CONTROLAR	Establecer condiciones básicas de operación	

Elaboración propia

## 2.1 Definir

Esta fase del proyecto involucra el levantamiento de información en las áreas de trabajo para poder definir el problema que se detalló en el capítulo 1 y establecer el alcance del proyecto utilizando herramientas como: observación directa de las actividades, entrevistas personales a los directivos de la empresa, 3W+2H, SIPOC y VOC.

### **Levantamiento de información mediante observación directa**

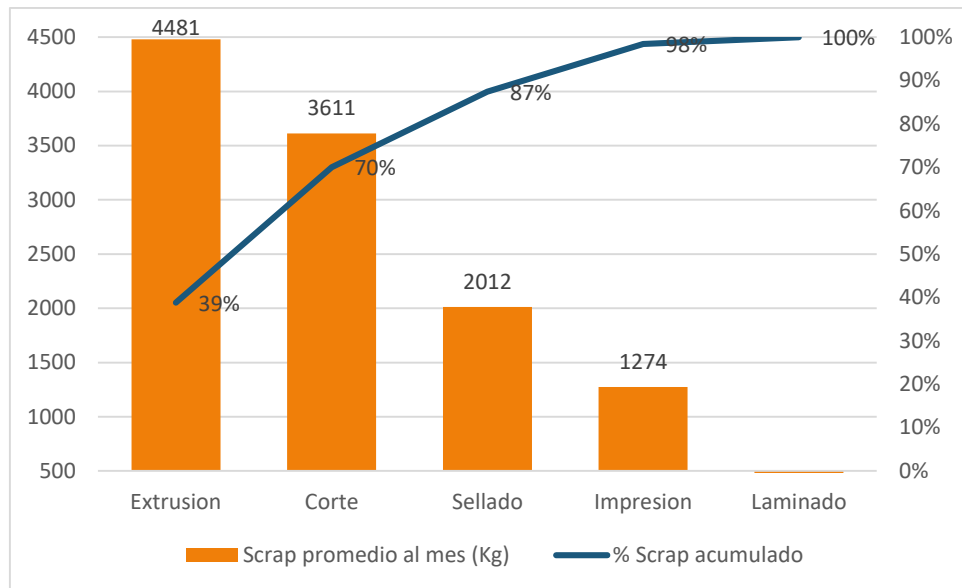
Se identificó cada uno de los diferentes procesos en la planta y las diversas rutas que los productos siguen de acuerdo con los requerimientos de los clientes y los sustratos necesarios para su elaboración, observando las distintas actividades que agregan valor como las que no, en cada una de las áreas de la compañía con el fin de detectar oportunidades de mejora. El flujo de estos procesos se muestra a continuación en la Figura 2.1:



**Figura 2.1 Macro proceso de la empresa**

Elaboración propia

Una vez identificado el Macro proceso se procedió a levantar información del scrap generado por cada área de trabajo en un periodo de 40 meses, con lo que se calculó el scrap promedio mensual en kilogramos como se muestra en la Figura 2.2.



**Figura 2.2 Scrap promedio mensual**

Elaboración propia

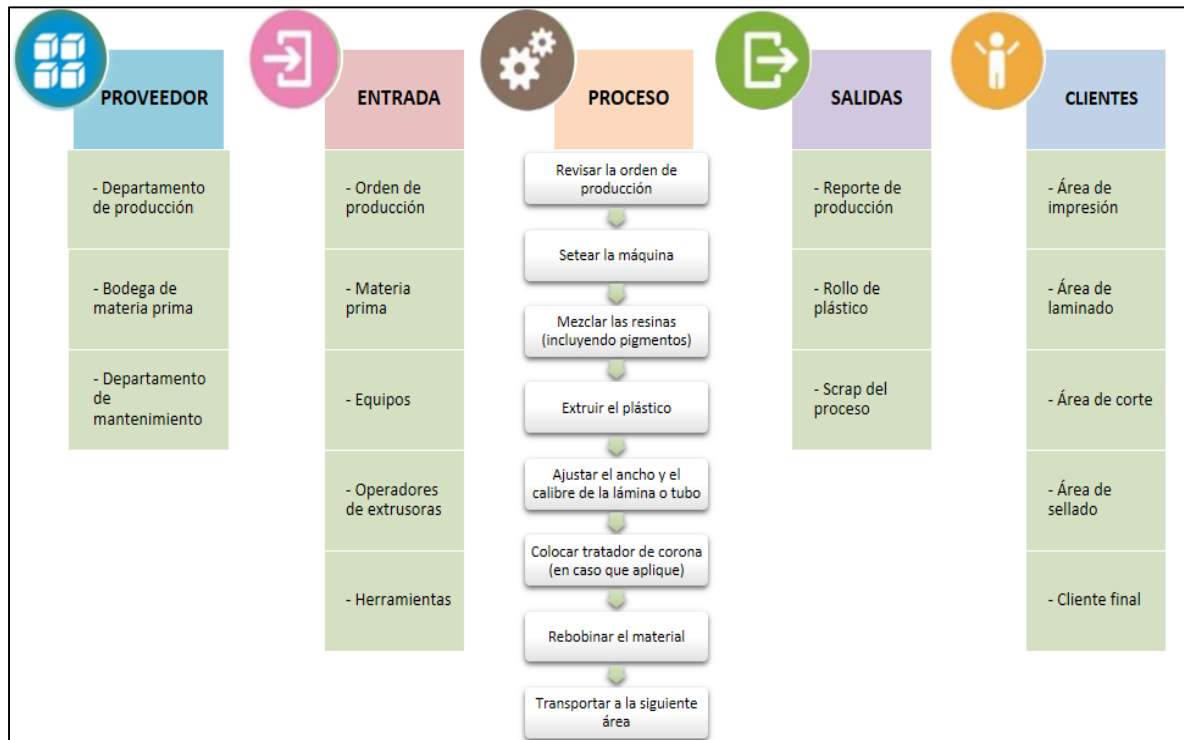
Además, se realizó un diagrama de Pareto para definir las áreas con mayor aportación de desperdicio concluyendo que extrusión y corte representan el 70% del acumulado del total. Debido a la naturaleza propia del proceso de corte en la que se incluye refilado de bordes y troquelado, se decidió únicamente seleccionar el área de extrusión como foco de desarrollo del proyecto debido a que dicha área posee mayor contribuyente de scrap, además por tiempo que se posee para trabajar en el proyecto.

### **SIPOC**

Dicho lo anterior se utilizó la herramienta de análisis SIPOC, el mismo que se realizó para el proceso de extrusión con el propósito de identificar los proveedores y entradas, las actividades propias del proceso, las salidas y sus clientes tal como se muestra en la Figura 2.3.

- **Proveedores:** Son las áreas que abastecen al área de extrusión de los recursos necesarios para llevar a cabo sus actividades.
- **Entradas:** Son aquellos insumos, materia prima, y documentos que se requieren para cumplir con la producción.
- **Proceso:** Son todas las actividades que se realizan con el fin de transformar las entradas en producto terminado.

- **Salidas:** Es el resultado obtenido posterior a culminar el proceso, tanto producto terminado, desechos de producción y registros donde constan las características finales del bien elaborado y alguna novedad en caso de haber existido.
- **Cientes:** Son las áreas de proceso siguientes por los que el producto debe pasar para continuar el agregado de valor.



**Figura 2.3 Diagrama SIPOC del proceso de Extrusión**

Elaboración propia

### **Entrevistas con directivos**

Para definir el problema fue necesario escuchar los requerimientos del cliente (Directivos de la empresa) y conocer de primera mano las necesidades más relevantes que impiden que las operaciones se realicen de la mejor forma.



**Figura 2.4 Entrevista con directivos**

Elaboración propia

### **Declaración del problema**

Para la declaración del problema se utilizó la herramienta 3W+2H, donde se planteó preguntas que ayudan a guiar la correcta formulación del mismo.



**Figura 2.5 Herramienta 3W+2H para declarar el problema**

Elaboración propia.

Utilizando la herramienta que se muestra en la Figura 2.5, el problema quedo declarado de la siguiente forma:



“Durante los últimos 3 años, el nivel de scrap ha sido 4.8% en promedio, mientras que la compañía tiene un máximo de 2% de nivel de scrap como estándar en el área de trabajo de extrusión”

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

Una vez declarado el problema se utilizó la matriz VOC identificando CTQ's - Needs (necesidades críticas de la calidad), variables, meta a lograr y límites de especificaciones.

**Tabla 2.2 Matriz VOC**

VOC	CTQ's - Needs (Critical to Quality)	Variable	Meta	Límite de especificaciones
El estándar de scrap no se está alcanzando actualmente en el área de extrusión	Reducir el nivel de scrap en el área de extrusión	Porcentaje de scrap en el área de extrusión	4.20%	2%

Elaboración propia

Luego que el cliente ha determinado que el principal inconveniente en cuanto a su proceso productivo, este se traduce a un CTQ específico, lo que representa la acción crítica para mejorar el problema transmitido por el cliente, con la que se expresa una variable cuantificable asociada al CTQ con una meta esperada y el límite de especificación máximo en un proceso ideal.

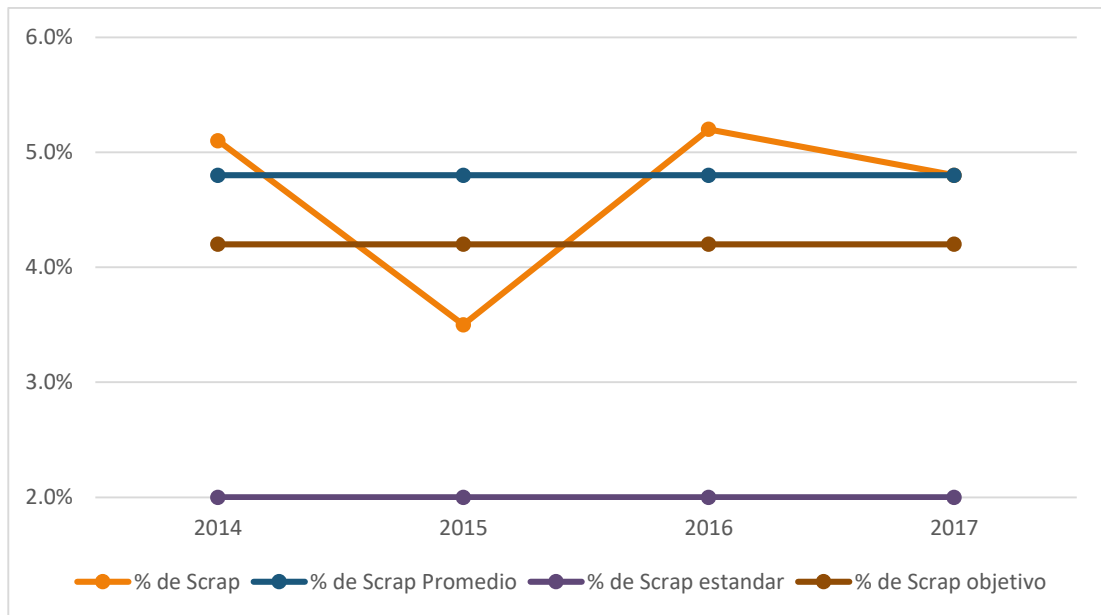
Posteriormente a realizar la matriz VOC se orientó el proyecto a la reducción en el nivel de scrap generado en el área de extrusión de la planta, de tal forma que se definió la variable de respuesta como se muestra en la ecuación 1:

$$Y = \text{Porcentaje de Scrap en el Area de extrusión}$$

$$\text{Porcentaje de Scrap} = \frac{\text{kg de Scrap}}{(\text{kg de Scrap} + \text{Kg producidos})} \quad \text{Ec. 1}$$

## Alcance del proyecto

Llegados a este punto para el alcance del proyecto se definió una meta que será el objetivo principal de nuestro proyecto que es reducir el Porcentaje de Scrap promedio que es de 4.8% en el periodo de 4 años, en un 20%, lo que se traduce en un porcentaje de scrap objetivo para nuestro proyecto de 4.2%.



**Figura 2.6 Gráfica de alcance del proyecto**

Fuente: Departamento de producción de la empresa

## 2.2 Medir

Definida la variable de respuesta del proyecto, se detalla a continuación, en la Tabla 2.2 el Plan de recolección de datos donde se puede observar las variables secundarias que afectan a la variable de respuesta, tipo de dato, el método con el cual será determinada, donde es registrada y uso futuro de la información hallada entre otros datos puntuales.

Adicionalmente de una segunda variable secundaria llamada cantidad de plástico, que se verá afectada positivamente en la medida que disminuya el scrap.

**Tabla 2.3 Plan de recolección de datos**

¿Qué se mide?		¿Cómo se mide?				¿Cómo serán usados los datos?
Variable	Unidad	Tipo de dato	Método de medición	Método de toma de datos	Condiciones	Uso futuro de datos
Scrap	Kilogramos	Continua	Se pesa usando balanzas, los kilogramos son registrados junto con la categorización de scrap	Hoja de reporte de producción para extrusión	Que: Scrap en kilogramos Donde: Área de extrusión Cuando: Por orden de producción	Identificar la causa que más contribuye al Scrap
Cantidad de plástico	Kilogramos	Continua	Se pesa usando balanzas	Hoja de reporte de producción para extrusión	Que: Cantidad de plástico en kilogramos Donde: Área de extrusión Cuando: Por orden de producción	Comparar los kilogramos de plásticos producidos y el scrap generado para calcular el porcentaje de scrap

Elaboración propia

A continuación se realizó la recolección de información desde los reportes de extrusión diarios proporcionados por el asistente de producción, donde se registra la máquina donde el producto fue extruido, los kilogramos de producción, los kilogramos de scrap, tipo y cantidad de materia prima a utilizarse por orden de producción, ancho y calibre del material a extruirse entre otras especificaciones como el tratamiento de corona, refile de borde, material tipo lámina o tubo, y demás observaciones para cada SKU.

**Microplásticos** REPORTE DE PRODUCCIÓN EXTRUSIÓN 000018975

FECHA: 06-08-2017 MÁQUINA: Sius OPERADOR: Bonafe/Alvarez/1  
 TURNO: 6933 LÁMINAS: X FIBRO:   
 CLIENTE: Sius DESCRIPCIÓN MEDIDA DEL PRODUCTO TERMINADO (ROLLO):

ANCHO: 870 PULG. ESPESOR: 40 COLOR: NATURAL  BLANCO  INICIO: 03:50 FIN: 18:30

PRODUCCIÓN  
 TIEMPO DE PRODUCCIÓN  
 INICIO: 03:50 FIN: 18:30

"MATERIA PRIMA UTILIZADA EN EL PROCESO"

#	FECHA	* DENOM.	PLA. AD.	PLA. BE.	PL. INO.	PL. LINEAL	PL. BCO.	DESCRIPCIÓN (CORTE)	PERDIDA (KG)	PERDIDA (%)	CANT. REALIZADA
9	24/2							BUENAS 1/16	85		342
10	24/2							BUENAS 3/11	150		4
11	26/2							BUENAS 1/1	197,1		712
12	26/2										
13	26/2										
14	26/2										
TOTAL:									1197,1		419

TOTAL KG. PRODUCCIONES: 1138,5

CAUSAS: 23,5% CAMBIO DE MEDIDA: 5,8% BUCES DE SUIROS: 1,7% REPILE: 1,7% CAMBIO DE TRABAJO: 1,7% LIMPIEZA DE MÁQUINA: 8% TORTA: 1,7% CAMBIO DE TORNILLO: 1,7% CORTE DE TORNILLO: 1,7% TOTAL: 59

DESCRIPCIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS

DESCRIPCIÓN	MINUTOS	MINUTOS PERDIDOS
ARRANQUE DE GILIBRO		
FALLA MECÁNICA		
FALLA ELÉCTRICA		
LIMPIEZA DE MAQUINARIA		
INICIO DE TURNO		
CAMBIO DE MEDIDA		
CAMBIO DE FILTRO		
LIMPIEZA DE MÁQUINA		
MANTENIMIENTO DE MÁQUINA		
CALIBRAR MÁQUINA		
TOTAL HORAS PERDIDAS		12
TOTAL HORAS PROGRAMADAS		11
TOTAL HORAS UTILIZADAS		108
% EFICIENCIA (HRS. UTILIZADAS / HRS. PROGRAMADAS)		108
PRODUCTIVIDAD (KG. PRODUCIDO / HRS. PROGRAMADAS)		1197,1

INVENTARIO DE MAT. PRIMA (ACUM): 419

NOVEDADES: SE REVISÓ LA MÁQUINA CON 31 KG DE SCRAP Y SE TOCARON DE BUENAS.  
 SE ACOPLAN TEMPERATURAS TENIENDO RESULTADOS POSITIVOS. Scrap y Acoplar de Temperaturas 28KG

NOTA: EL TOTAL DE PRODUCCIÓN DE LOS ROLLOS DEBEN SER IGUAL AL TOTAL DE MATERIA PRIMA UTILIZADA (EXCEPTO EL TIEMPO HORAS) POR CADA TRABAJO REALIZADO

BONA. OPERADOR ELABORADO SEVADO

Figura 2.7 Reporte diario de extrusión

Fuente: Departamento de producción

Para el proyecto se recopiló información histórica de los meses de enero, febrero y marzo del año 2017 para evidenciar ¿Cuál?(es) de las 5 máquinas operativas es la que representa un mayor impacto en los índices de scrap en el área de extrusión.

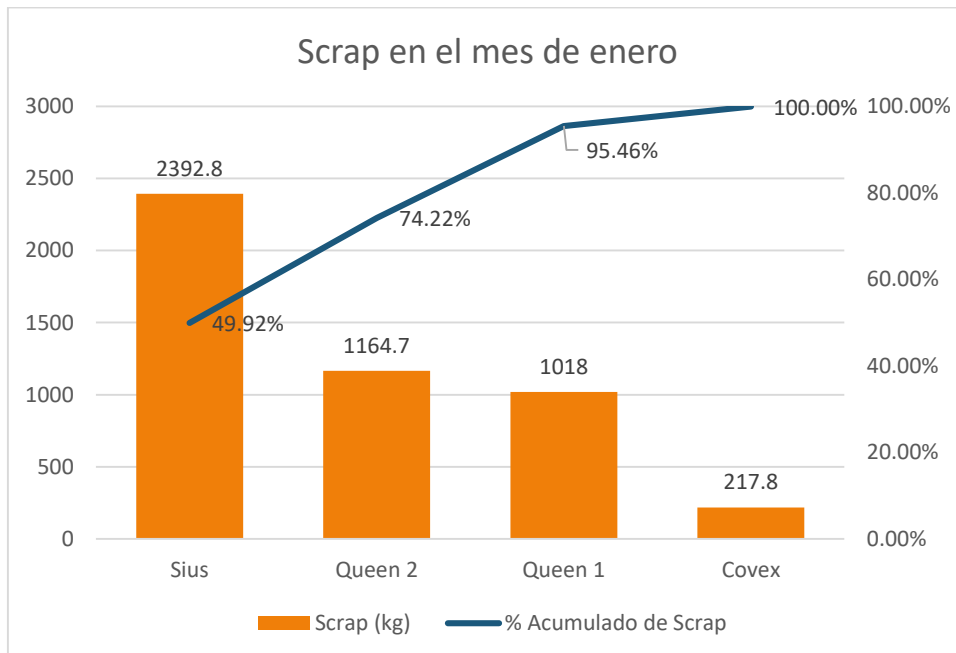
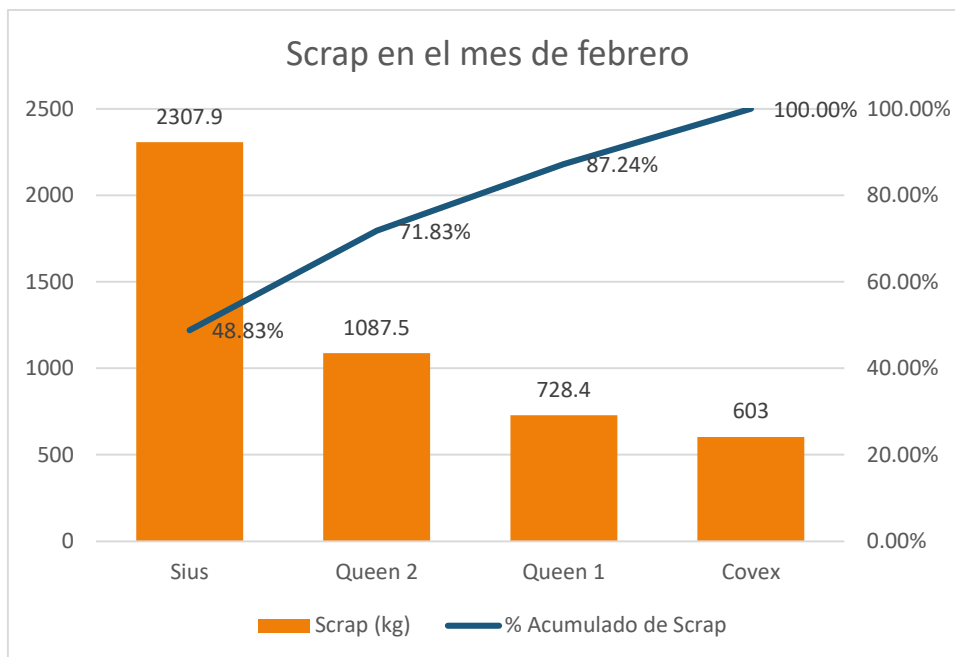


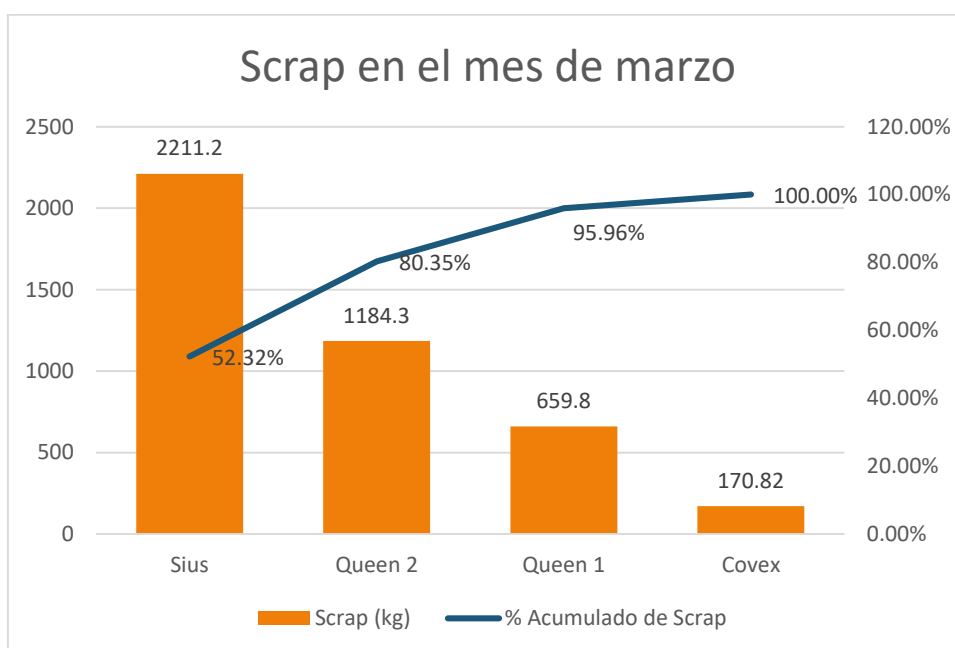
Figura 2.8 Reporte de extrusión por máquina del mes de enero

Elaboración propia



**Figura 2.9 Reporte de extrusión por máquina del mes de febrero**

Elaboración propia



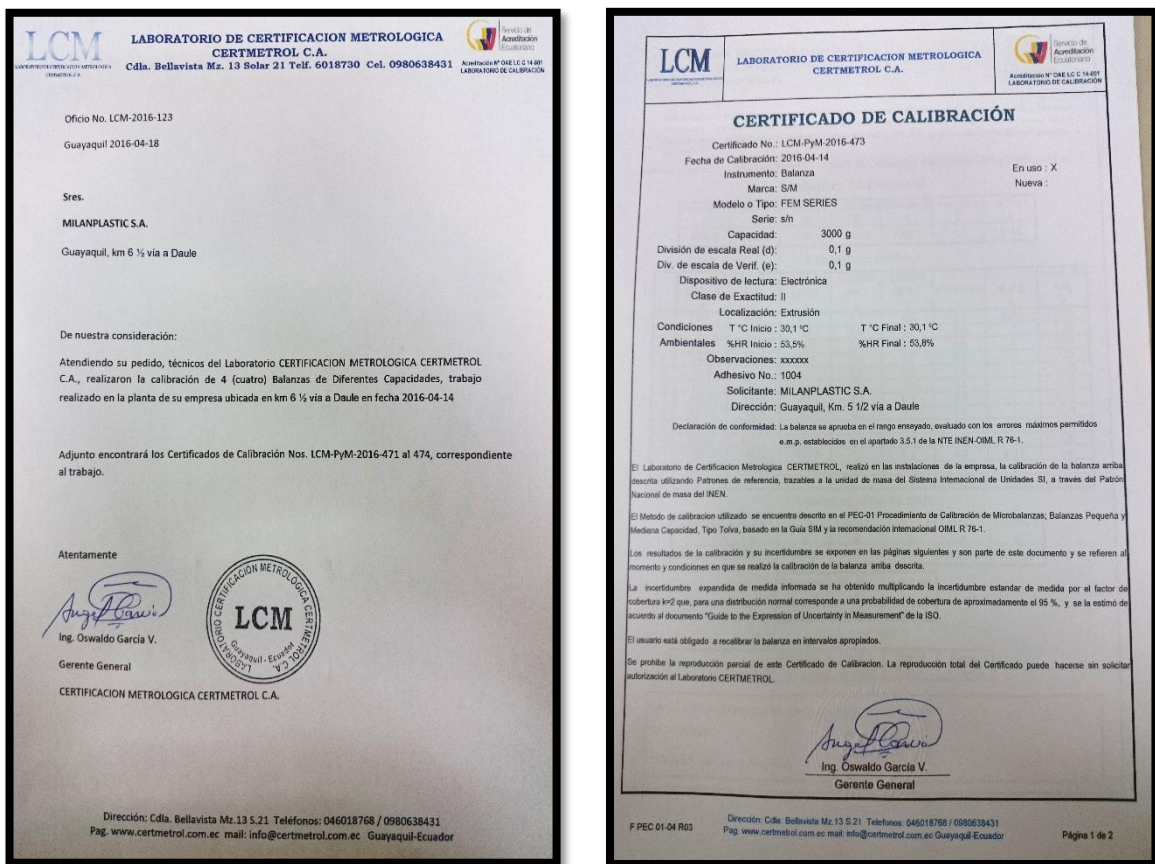
**Figura 2.10 Reporte de extrusión por máquina del mes de marzo**

Elaboración propia

Como se observa en las figuras anteriores, la generación de scrap tiene un comportamiento similar, siendo evidente que la mayor parte de aportación es de la maquina SIUS, con aproximadamente 50% de contribución al desperdicio existente en el área de extrusión, es por esto que para nuestro proyecto hemos decidido focalizarnos sólo en esta máquina.

## 2.2.1 Confiabilidad de los datos

Para asegurarnos de que la información que procesamos es confiable verificamos que la empresa posea un control para esto, con lo que ellos nos mostraron los certificados de calibración de balanzas que poseen. La empresa encargada, es un Laboratorio de Certificación Metroológica que brinda este servicio de calibración de balanzas. A continuación, se muestra la evidencia de dicha certificación en las Figuras 2.11.



**Figura 2.11 Certificados de calibración de balanzas**

Fuente: Departamento de calidad de la empresa

Dicho lo anterior para mejorar la confiabilidad de los datos a futuro se realizaron cambios al registro que se lleva en extrusión, donde registran los kilogramos de scrap que se generan por cada causa, el cambio del registro consto en incluir

nuevas causas de scrap que no se estaban considerando en el anterior registro. El formato modificado se muestra en el Apéndice A.

Luego de realizar el nuevo formato del registro se procedió a capacitar a cada uno de los operadores con la finalidad de evitar errores en el registro de los nuevos datos en los campos que se incorporaron.

### **2.3 Analizar**

En la etapa de análisis del proyecto se utilizaron varias herramientas de calidad con el fin de determinar las causas principales por las que se genera una cantidad significativa de scrap en la planta y a partir de dichas causas se procedió a realizar una evaluación de cada una de ellas definiendo criterios de priorización y ponderación por parte de los líderes del proyecto y directivos de la empresa para encontrar la causa raíz del problema y proponer soluciones efectivas.

Para realizar el análisis de la información se procedió a realizar los siguientes pasos:

- 1) Identificar las categorías más importantes de scrap.
- 2) Reunirse con los dueños de los procesos y operarios de la máquina para determinar las causas potenciales.
- 3) Priorizar las causas principales halladas.
- 4) Encontrar la causa raíz del problema.

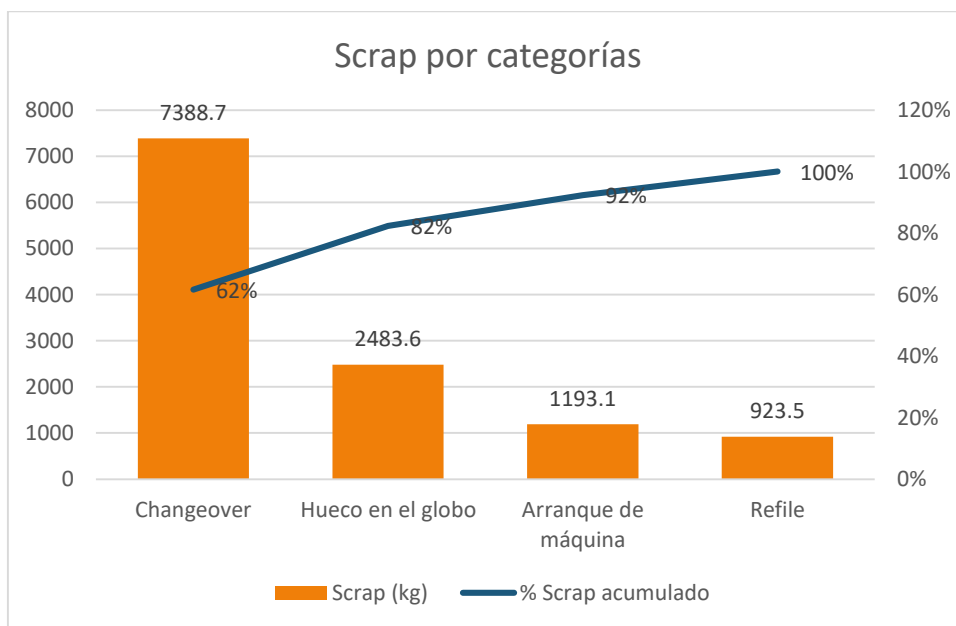
#### **Categorización del scrap**

Para llevar un registro y control de las operaciones de extrusión se determinó que las principales categorías de scrap son las siguientes:

- **Scrap por cambio de trabajo (changeover).** - este tipo de desperdicio se da cuando el operario con la máquina en marcha realiza un cambio de medidas y calibre a la lámina o tubo según sea el caso, causando desperdicio de material mientras se logra las medidas especificadas en la orden de producción.
- **Scrap por hueco en el globo.** - este desperdicio se da cuando el globo sufre una perforación repentina, originando pérdida de ancho y distorsión de la lámina o tubo bobinado.

- **Scrap por arranque de máquina.** – es el desperdicio propio del encendido y ajuste inicial de la máquina hasta que salga producto aceptable.
- **Scrap por refile.** – es aquel que presenta cuando se requiere realizar un corte de los bordes del tubo o lámina de material extruido.

Una vez definidas las categorías se realizó una tabulación para de los kilogramos de desperdicio que se dan por turno de trabajo reflejado en los reportes diarios de extrusión y posteriormente graficarlas en un diagrama de Pareto.



**Figura 2.12 Scrap por categorías registradas en reportes de extrusión**

Elaboración propia

Como se observa en la Figura 2.10 la categoría de scrap originado en el cambio de trabajo entre órdenes de producción es el más elevado seguido de huevo en el globo, obteniendo un acumulado de 82% del total de kilogramos de desecho de la máquina, por lo tanto el proyecto se enfocó en analizar estas dos categorías de scrap.

### **Determinación de causas potenciales**

La búsqueda de las causas potenciales se realizó con la colaboración del equipo de trabajo y los operarios de las máquinas extrusoras tanto del turno de día como de la noche. Para esto se utilizó la dinámica del diagrama causa - efecto (Ishikawa), colocando como efecto principal del diagrama a las dos categorías de scrap mas importantes anteriormente halladas.

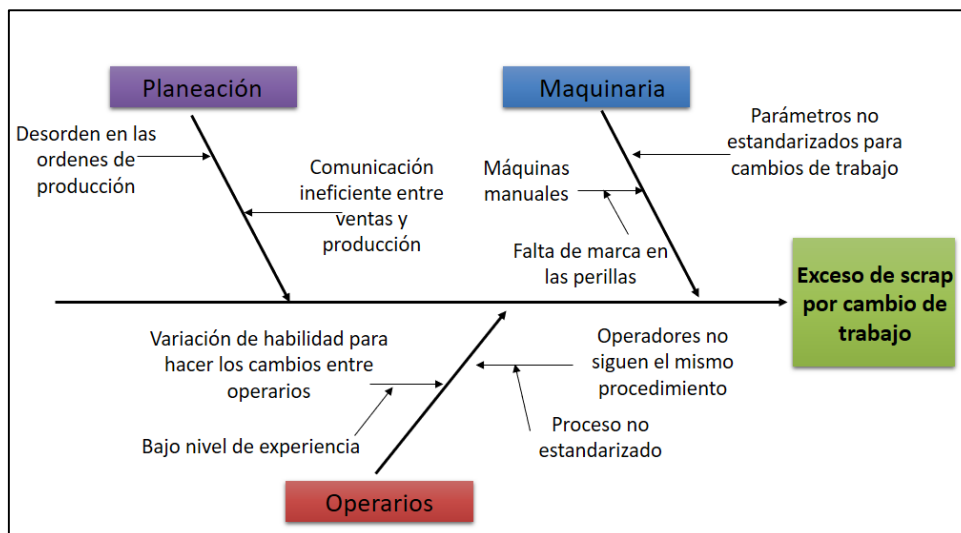




**Figura 2.13 Actividad realizada con los operadores**

Elaboración propia

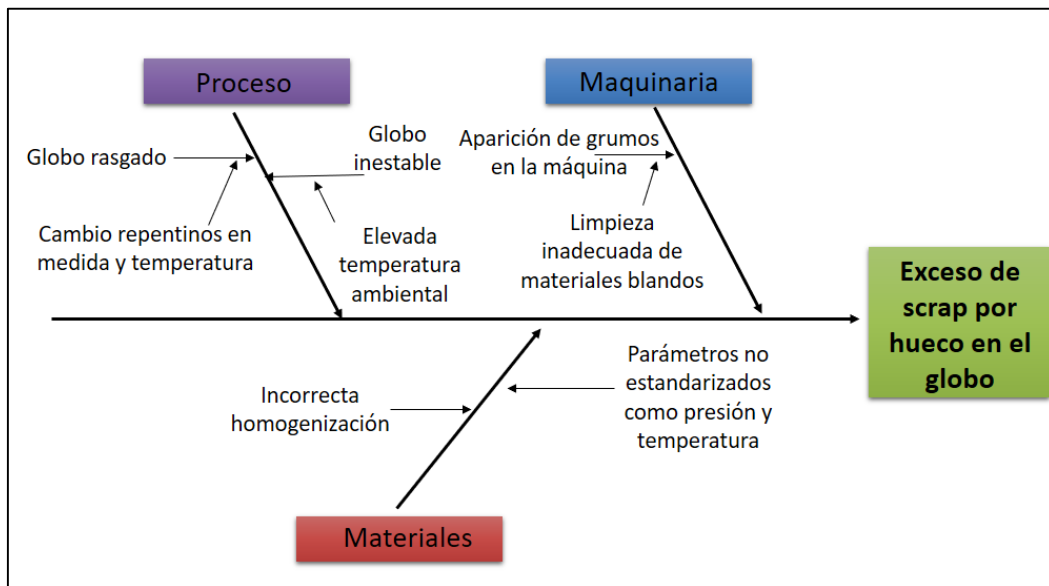
Con ayuda del personal de extrusión se realizó el diagrama que se muestra en la Figura 2.14, el cual consta como efecto principal el exceso de scrap por cambio de trabajo y categorizando en tres tipos, ya sean estas por maquinaria, planeación y operarios.



**Figura 2.14 Diagrama Causa – Efecto para Cambio de trabajo**

Elaboración propia

Después se realizó el diagrama que se muestra en la Figura 2.15, el cual consta como efecto principal el exceso de scrap hueco en el globo y categorizando en tres tipos, ya sean estas por proceso, maquinaria y materiales.



**Figura 2.15 Diagrama Causa – Efecto para Huevo en el globo**

Elaboración propia

### **Priorización de causas potenciales**

Para la priorización de las causas potenciales se sostuvo una reunión con el personal que está directamente involucrado en el proceso que reflejan estas causas, con ayuda de ellos se obtuvo el Nivel de Impacto de cada una de las causas potenciales.



**Figura 2.16 Reunión con el personal de extrusión**

Elaboración propia

En la Tabla 2.4 se observa las causas potenciales que generan scrap por cambio de trabajo además que se indica el nivel de impacto que cada una posee, siendo las más altas la causa 1 y 5.

**Tabla 2.4 Causas de scrap por Cambio de trabajo**

N °	Causas	Nivel de Impacto
1	Desorden en las órdenes de producción	Alto
2	Comunicación ineficiente entre ventas y producción	Medio
3	Falta de marcas en las perillas	Bajo
4	Bajo nivel de experiencia	Bajo
5	Los operarios desarrollan diferentes procedimientos para cambio de formato	Alto

Elaboración propia

En la Tabla 2.5 se observa las causas potenciales que generan scrap por cambio de trabajo además que se indica el nivel de impacto que cada una posee, siendo las altas las causas 1 y 5.

**Tabla 2.5 Causas de Scrap por Hueco en el globo**

N °	Causas	Nivel de Impacto
1	Cambios repentinos en medidas y temperatura	Alto
2	Elevada temperatura ambiental	Bajo
3	Limpieza inadecuada de materiales blandos	Medio
4	Incorrecta homogenización	Medio
5	Parámetros no estandarizados como presión y temperatura	Alto

Elaboración propia

Luego de indicar las causas potenciales con sus respectivos niveles de impacto se llevó a cabo un análisis de modo de efecto de falla con una Matriz AMEF que se detalla en la Tabla 2.7, para tener en cuenta las condiciones de severidad, ocurrencia y detención de cada una de las causas descritas en las tablas 2.4 y 2.5.

Posterior a la Priorización de causas y la Matriz AMEF, con un análisis en conjunto de estas dos herramientas, se estableció que las dos causas potenciales en nuestro proyecto son: Desorden en las órdenes de producción y los operarios desarrollan diferente procedimiento para cambio de trabajo, con lo que trabajamos en estas dos causas potenciales haciendo uso de la herramienta “5 Why’s” para determinar las causas raíces del problema.

### **Determinación de Causas Raíces**

Finalmente aplicando la herramienta de “5 Why’s” que se observa en la Tabla 2.7, se concluye que las causas raíces de nuestro Proyecto son: Ausencia de estandarización

de proceso para cambio de trabajo y ausencia de un modelo de control para órdenes de producción.

### **Plan de verificación de causas**

Para la verificación de las causas se utilizaron diversas herramientas para corroborar la existencia de las mismas. Se verificaron las causas potenciales que son: Desorden en las órdenes de producción y Los operarios desarrollan diferente procedimiento para cambio de trabajo.

- **Desorden en las órdenes de producción**  
Se mostrará en el Apéndice B el reporte de las órdenes de producción donde se evidencia el desorden en las ordenes de producción debido a que no se realizan corridas largas, sino que se interrumpe la producción, así también el cambio abrupto de ancho que se realiza.
- **Los operarios desarrollan diferente procedimiento para cambio de trabajo**  
Se mostrará en el Apéndice C los diagramas de flujo de proceso, todos los pasos que dos diferentes operadores realizan al momento de realizar un cambio de trabajo para identificar que existen variaciones entre ambos.

**Tabla 2.6 AMEF de causas potenciales**

Proceso	Modo Potencial de Fallo	Efecto Potencial de Fallo	SEVERIDAD	Causa Potencial de Fallo	OCURRENCIA	Controles Actuales de Detección	DETECCIÓN	NPR
Proceso de extrusión	Cambio de formato	Scrap de cambio de trabajo	10	Desorden en las órdenes de producción	9	No aplica	9	810
				Comunicación entre ventas y producción es ineficiente	3	No aplica	5	150
				Falta de marcas en las perillas	5	Reuniones periódica con gerencia	1	50
				Bajo nivel de experiencia	2	No aplica	2	40
				Los operarios desarrollan diferentes procedimientos para cambio de formato	7	No aplica	6	420
	Hueco en el globo	Scrap de globo perforado	10	Cambio repentinos en medidas y temperaturas	5	No aplica	2	100
				Elevada temperatura ambiental	3	Monitorear indicadores	8	240
				Limpieza inadecuada de materiales blandos	4	No aplica	9	360
				Incorrecta homogenización	2	No aplica	9	180
				Parámetros no estandarizados como presión y temperatura	7	No aplica	6	420

Elaboración propia

**Tabla 2.7 Herramienta “5 Why’s” para identificar causas raíces**

PROBLEMA		Alto nivel de scrap en el área de extrusión					
¿Qué?	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	¿Por qué? 4	¿Por qué? 5	Causa Raíz	
Los operarios desarrollan diferente procedimiento para cambio de trabajo	Porque los operadores realizan el trabajo basados en su experiencia	Verificado en Gemba Porque en la compañía nadie entrena a los operadores en el proceso de cambio de trabajo	Verificado en Gemba Porque la compañía no tiene un procedimiento que seguir para realizar el cambio de trabajo			Ausencia de estandarización de proceso para cambio de trabajo	
Desorden en las órdenes de producción	Porque no hay suficiente tiempo para ordenar las órdenes de producción	Verificado en Gemba Porque la mayoría de las órdenes de producción llegan tarde y se debe producir rápido	Verificado en Gemba Porque los vendedores prometen a los clientes fechas de entrega para el producto final que Producción no puede cumplir	Verificado en Gemba Porque hay un déficit en la coordinación de fechas de entrega entre Ventas y Producción	Verificado en Gemba Porque no hay un modelo de control para órdenes de producción	Ausencia de un modelo de control para órdenes de producción	

Elaboración propia

## 2.4 Mejorar

Una vez encontradas las causas raíces al problema se formularon varias alternativas de solución para éstas, luego se realizó una ponderación de las mismas y finalmente se elaboró un plan de implementación para cada una de las soluciones seleccionadas. En esta sección se encontrará en detalle el Modelo de Secuenciación para ordenar las órdenes de producción y el formato del proceso estandarizado para el cambio de trabajo, las cuales fueron seleccionadas como la solución de mayor impacto para el problema de alto índice de scrap.

### 2.4.1 Soluciones propuestas

Para cada una de las causas raíces obtenidas del 5 por qué's se propuso varias alternativas de mejoras, como se muestra en la tabla 2.8.

**Tabla 2.8 Soluciones propuestas**

Causa Raíz	Soluciones propuestas
1) Ausencia de estandarización de proceso para cambio de trabajo	A) Estandarizar los parámetros de cambio de trabajo para cada producto que se hace en la máquina de extrusión SIUS
	B) Estandarizar el proceso que se realiza para cambiar de trabajo
	C) Implementar un sistema PLC en la máquina de extrusión SIUS
2) Ausencia de un modelo de control para órdenes de producción	A) Implementar un Sistema de Control de Producción para todos los productos de la empresa siguiendo un ambiente de producción MTO (Make-to-order)
	B) Diseñar un modelo de secuenciación utilizando la metodología S-DBR para las ordenes de producción

Elaboración propia

### 2.4.2 Evaluación y selección de soluciones

Las soluciones propuestas fueron evaluadas mediante una matriz de priorización, en donde se clasificaron basándose en dos criterios: impacto y esfuerzo. El primero hace referencia a el nivel de aportación de la posible solución al problema y el segundo a la cantidad de recursos que se necesitan para poder implementarlo, estos pueden ser materiales, personas y dinero. A su vez estos dos criterios fueron presentados al presidente de la compañía, con quien se definieron los valores de

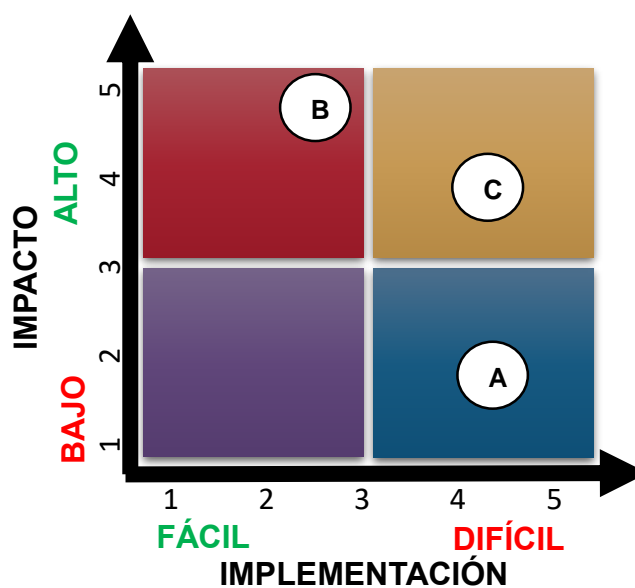
ponderación para cada criterio, y con esto obtener los resultados. Se concluyó que el criterio de impacto sostiene la ponderación más alta debido a que representa una prioridad para la empresa con un 70%, mientras que el criterio de implementación obtuvo un 30%. Así también para cada uno de los criterios se definieron valores del 1 al 5 para clasificar los planes, en donde 1 se le dio menos significativo y 5 al más significativo.

Para la primera causa raíz tenemos el análisis que se detalla en la tabla 2.9, donde se observan los resultados de la priorización de los planes, luego se procedió a colocar las propuestas de soluciones en la matriz de priorización como se muestra en la Figura 2.17. Finalmente, los resultados evidenciaron que la propuesta de solución B fue la ganadora debido a que es de fácil implementación y de alto impacto.

**Tabla 2.9 Calificación para las propuestas de soluciones**

Soluciones propuestas	Implementación	Impacto	TOTAL
	0.3	0.7	
A	4	2	2.6
B	3	5	4.4
C	4	2	2.6

Elaboración propia



**Figura 2.17 Matriz de priorización de soluciones**

Elaboración propia

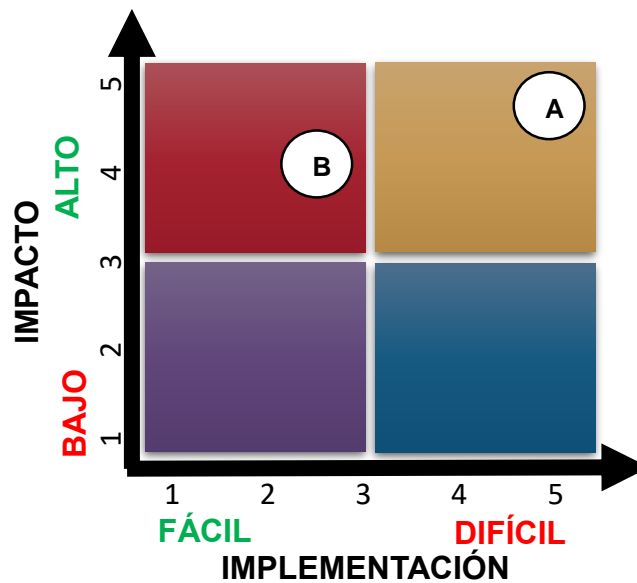


El mismo análisis se realizó para la segunda causa raíz que se detalla en la tabla 2.10, luego se procedió a colocar las propuestas de soluciones en la matriz de priorización de causas como se muestra en la Figura 2.18. Finalmente, los resultados evidenciaron que la propuesta de solución B fue la ganadora debido a que es de fácil implementación y de alto impacto.

**Tabla 2.10 Calificación para las propuestas de soluciones**

Soluciones propuestas	Implementación	Impacto	TOTAL
A	5	5	5
B	3	4	3.7

Elaboración propia



**Figura 2.18 Matriz de priorización de soluciones**

Elaboración propia

### 2.4.3 Diseño de las soluciones propuestas

Para desarrollar y posteriormente realizar la implementación de las propuestas de soluciones escogidas, se elaboró un plan de implementación de soluciones para cada una de las alternativas, con el fin que se tuviese una visión clara de todos los requerimientos claves sobre las condiciones en las que se realizaría.

**Tabla 2.11 Plan de implementación de Soluciones 1**

Causa Raíz	Solución propuesta	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cuánto?	¿Quién?
		Acción que realizar	Propósito de la acción	Actividades que realizar	Alcance	Fecha	Costo	Persona
Ausencia de estandarización de proceso para cambio de trabajo	Estandarizar el proceso que se realiza para cambiar de trabajo	Levantamiento de información	Recolectar información de todos los pasos que son necesarios para realizar un cambio de trabajo	Reunión con los operadores de extrusión y el Jefe de Producción	Área de Extrusión	31 Julio – 4 Agosto	Sin costo	Líderes del proyecto
		Desarrollar un diagrama de flujo del proceso	Mejorar el proceso de cambio de trabajo para reducir errores	Realizar un instructivo con el proceso estandarizado		7 Agosto – 8 Agosto		
		Socialización del proceso estandarizado	Comunicar a los interesados acerca del nuevo proceso estandarizado de cambio de trabajo	Reunión con todos los trabajadores para informar sobre el nuevo proceso estandarizado de cambio de formato		9 Agosto - 11 Agosto		
		Entrenar al personal con el proceso estandarizado	Informar a todos los operadores que realizan este proceso acerca del nuevo proceso estandarizado para cambio de trabajo	Entrenar al equipo de extrusión sobre el nuevo proceso estandarizado de cambio de formato		14 Agosto- 15 Agosto		

Elaboración propia

**Tabla 2.12 Plan de implementación de Soluciones 2**

Causa Raíz	Solución propuesta	¿Qué? Acción que realizar	¿Por qué? Propósito de la acción	¿Cómo? Actividades que realizar	¿Dónde? Alcance	¿Cuándo? Fecha	¿Cuánto? Costo	¿Quién? Persona
Ausencia de un modelo de control para órdenes de producción	Diseñar un modelo de secuenciación utilizando la metodología S-DBR para las ordenes de producción	Definir un modelo de secuenciación	Mejorar el control de las órdenes de producción incluyendo un criterio de priorización	Definir un criterio de priorización con los líderes del área de extrusión	Área de Extrusión	26 Julio – 28 Julio	Sin costo	Líderes del proyecto
		Diseñar un programa prototipo para el control de las órdenes de producción	Incluir el criterio de priorización en la programación de las órdenes de producción	Programación en VBA Excel		31 Julio – 11 Agosto		
		Socialización del programa prototipo	Comunicar a los interesados acerca del programa prototipo para el control de las órdenes de producción	Reunión con todos los trabajadores para informar sobre el programa prototipo		14 Agosto - 16 Agosto		
		Entrenar al personal con el proceso estandarizado	Informar a todos los operadores que realizan este proceso acerca del programa prototipo	Entrenar al equipo sobre el uso apropiado del programa		17-ago		
		Fase de prueba del prototipo	Poner en funcionamiento el programa prototipo	Evaluar el desempeño del prototipo		18 Agosto- 30 Agosto		

Elaboración propia

A continuación, se va a detallar las propuestas de mejoras seleccionadas.

- **Propuesta 1: Estandarización del proceso para realizar cambio de trabajo**

El scrap generado por cambio de trabajo es el más grande contribuyente, por esto se decidió realizar un proceso estandarizado con la finalidad de que se realice de forma correcta y en el tiempo requerido.

La empresa carece de un procedimiento para realizar cambio de trabajo, con lo que se decidió hacer uno que contará con el proceso estandarizado, como se muestra en el Apéndice D.

- **Propuesta 2: Diseño de un programa prototipo para la secuenciación de órdenes de producción utilizando metodología S-DBR.**

Aparte del exceso de scrap que se genera por cambio de trabajo, se evidenció que este problema se da también cuando no hay una secuenciación de órdenes de producción de acuerdo con su ancho y calibre, es decir el scrap es directamente proporcional a cuando hay cambios de trabajo que reflejan un cambio brusco tanto de ancho como de calibre.

Dicho lo antes mencionado, se creó un programa prototipo utilizando la herramienta de Visual Basic para secuenciar las órdenes de producción aplicando la metodología S-DBR y basándonos en coordinar las mismas en orden descendente o ascendente conforme a su ancho y calibre, evitando cambios bruscos.

Donde el primer paso que se hizo fue que el piso de producción debe estar lleno sólo de las órdenes que tienen que ser completadas en un horizonte predeterminado. Como segundo paso se administraron las prioridades, es decir se utilizó una administración de amortiguadores que es el único sistema de prioridades que será utilizado en el piso de producción, basado en colores donde el verde representa que aún tiene tiempo suficiente para realizar la operación, el

amarillo que se ha consumido aproximadamente la mitad del tiempo, rojo que la orden debe realizarse lo más pronto posible y negro cuando la orden ya se encuentra con días de atraso para la entrega, con lo que la decisión de cual pedido debe procesarse depende del estado del amortiguador de tiempo. Para el tercer paso se realizó un control de carga en donde se dan respuestas de fechas de entrega basándose en la carga que tiene la máquina, con lo que en lugar de que ventas decida la fecha de entrega ahora sea producción quien las defina, como la carga planeada es una estimación burda del tiempo en el cual un nuevo pedido puede ser procesado, debemos aumentar un tiempo a la carga planeada y obtener una fecha de entrega confiable para el pedido (se aumenta medio buffer de tiempo).

En la Figura 2.19 se muestra la interfaz gráfica en donde el jefe de producción va a introducir las ordenes de producción, para que posterior a esto se realice la secuenciación de órdenes primero por prioridad de entrega y luego por orden descendente o descendente conforme al ancho o calibre requerido.

Registro de orden

PACK SOLUTIONS S.A.

Ingreso de Órdenes de Producción

Cliente

Referencia

Especificaciones

Ancho  mm

Calibre   $\mu$ m

Kilogramos  Kg

Vel. de Rodillo  m/min

Vel. de Motor  RPM

Tipo de Orden

Normal

Urgente

Nota de Pedido

Ruta de Procesos

Fecha de Ingreso de Orden  Mes  Día  Año

Fecha de Entrega de Pedido

**Figura 2.19 Interfaz gráfica del programa prototipo**

Elaboración propia

## 2.5 Controlar

En esta última fase de la metodología, se deben definir acciones que tengan como objetivo que todas las mejoras propuestas perduren a través del tiempo, con lo que se realizó un procedimiento que se detalla en el Apéndice D para el cambio de trabajo, y para el programa prototipo se realizó un instructivo que se muestra en el Apéndice E, una vez realizado esto se dio una capacitación a las personas involucradas en el proceso.



**Figura 2.20 Capacitación al personal**

Elaboración propia

Para el posterior control del proceso, en el programa prototipo se generará una base de datos para poder a futuro determinar tiempos y velocidades estándares por cada tipo de producto.

Así también se decidió llevar un control estadístico utilizando cartas de control, dicho proceso se detalla a continuación.

Para llevar a cabo un adecuado control estadístico de la variable de respuesta analizada en el presente proyecto se hará uso de una gráfica de control para variables tanto para el promedio  $\bar{X}$  como para el rango  $R$ . con el fin de identificar de forma visual las variaciones del proceso que ocasionan este salga de control, que para lo cual se establece el siguiente procedimiento.

- 1. Seleccionar la variable a evaluar:** en el caso específico del presente proyecto la variable a evaluar será la misma establecida en el Capítulo 1 del documento que es el porcentaje la cual es: *Porcentaje de scrap en el área de extrusión*.
- 2. Escoger la cantidad  $k$  de elementos del subgrupo muestral y el tamaño de muestra  $n$ :** para seleccionar el valor de  $n$  se utilizó la fórmula de cálculo muestral para poblaciones finitas a un nivel de confianza del 90% y con un error de 11.1%, obteniendo así de un tamaño de muestra  $n = 43$  observaciones, de un total poblacional de 194 órdenes de producción. Se determinó además el tamaño de subgrupo de acuerdo con el promedio de órdenes diarias que se registraron, dando como resultado  $k=3.23$ , pero se tomará  $k=4$ .
- 3. Reunir los datos necesarios:** los datos fueron tomados a partir de un levantamiento de información correspondiente a 60 días de labores y para análisis futuro se tomará una muestra diariamente, de tamaño  $k = 4$ .
- 4. Determinar la línea central y los límites de control:** realizando el cálculo de medias y rango muestrales y valores constantes.

# CAPÍTULO 3

## 3. Resultados

Para evidenciar la reducción de la variable de respuesta, se realizó un análisis de los escenarios antes de la implementación y después de la implementación para el scrap en el área de extrusión.

### 3.1 Resultados de los escenarios definidos

Se analizaron los resultados en dos escenarios, en donde se hizo una estimación de muestra a partir de una población de 194 órdenes de producción con un 90% de confianza (estadístico de prueba  $Z = 1.96$ ) y un 11.1% de error se obtiene una cantidad  $n$  de muestras representativas expresadas por la ecuación 2.

$$n = \frac{NZ^2p(1-p)}{(N-1)e^2 + Z^2p(1-p)} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de muestra a calcular

$N$  = Tamaño poblacional

$Z$  = Estadístico de prueba normal

$e$  = Margen de error máximo permitido

$p$  = Proporción que esperamos encontrar

$$n = \frac{(194)(1.645)^2(0.5)(1-0.5)}{(194-1)(11.1)^2 + 1.645^2(0.5)(1-0.5)} = 42.96 \approx 43 \text{ muestras}$$

Se obtuvo que para tener resultados representativos debemos usar una muestra de 43 órdenes de producción para los dos escenarios propuestos.

#### Antes de la implementación

Para el primer escenario se utilizaron datos históricos, que se muestran en el Apéndice F, en donde se evidenció los resultados que se muestran en la Tabla 3.1.



**Tabla 3.1 Resultados antes de la implementación**

ANTES	Producción (kg)	Scrap (kg)
	25936.30	1100.40

Elaboración propia

Utilizando nuestra variable de respuesta, descrita en el capítulo 1, se dio que bajo las condiciones antes mencionadas el porcentaje de scrap es de 4.1%.

### **Después de la implementación**

Para el segundo escenario se utilizó solo el arribo de la muestra de 43 órdenes de producción, que se muestran en el Apéndice F, estos datos fueron colocados en el programa prototipo que realizó una secuenciación, primero conforme a priorización por fecha de entrega y segundo por el orden descendente o ascendente de ancho y calibre, en donde se evidenció los resultados que se muestran en la Tabla 3.2.

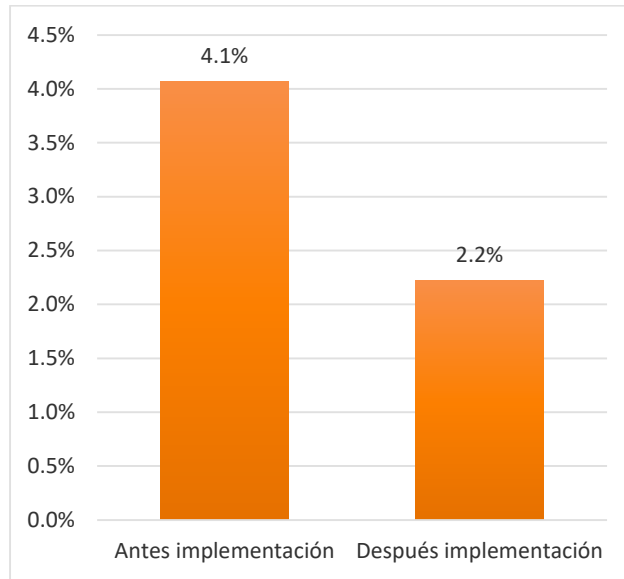
**Tabla 3.2 Resultados antes de la implementación**

DESPUÉS	Producción (kg)	Scrap (kg)
	25936.30	586.45

Elaboración propia

Con estos resultados se obtuvo un porcentaje de scrap de 2.2%.

Analizando ambos escenarios en conjunto, como se muestra en la Figura 3.1, podemos decir que existe una reducción de nuestra variable de respuesta en un 45.40%.



**Figura 3.1 Porcentaje de scrap en los escenarios propuestos**

Elaboración propia

### 3.2 Análisis estadístico

Para corroborar que la proporción de la muestra obtenida se ve reflejada en la población total, se realizaron análisis estadísticos que se muestran a continuación:

#### Intervalo de confianza para diferencia de proporciones

Para realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos, primero se determinó el intervalo de confianza a un 95% de confianza para la diferencia de las proporciones del nivel de scrap antes y después de las mejoras de la población de órdenes de producción analizadas tomando como estimadores las proporciones de las respectivas muestras.

$$(p_1 - p_2) - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}} < P_1 - P_2 < (p_1 - p_2) + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}}$$

$$-0.544302 < P_1 - P_2 < -0.246396$$

#### Prueba de Hipótesis de dos proporciones muestrales

Para evidenciar que existe una mejora estadísticamente significativa con la aplicación de la mejora propuesta se realiza una prueba de hipótesis para proporciones muestrales

- Hipótesis Nula: Las proporciones de scrap  $p_1$  después de la mejora y antes de la mejora  $p_2$  son iguales.
- Hipótesis Alternativa: La proporción de scrap  $p_1$  después de la mejora es menor que la proporción  $p_2$  antes de la mejora.

$$H_0: p_1 = p_2$$

$$H_1: p_1 < p_2$$

$$n_1 = 43$$

$$n_2 = 43$$

$$x_1 = 2$$

$$x_2 = 22$$

$$p_1 = \frac{x_1}{n_1}, q_1 = 1 - p_1$$

$$p_2 = \frac{x_2}{n_2}, q_2 = 1 - p_2$$

$$p_1 = \frac{2}{43} = 0.0465$$

$$p_2 = \frac{22}{43} = 0.5111$$

$$q_1 = 1 - 0.0465 = 0.9535$$

$$q_2 = 1 - 0.5111 = 0.4889$$

$$S_{(p_1 - p_2)} = \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}}$$

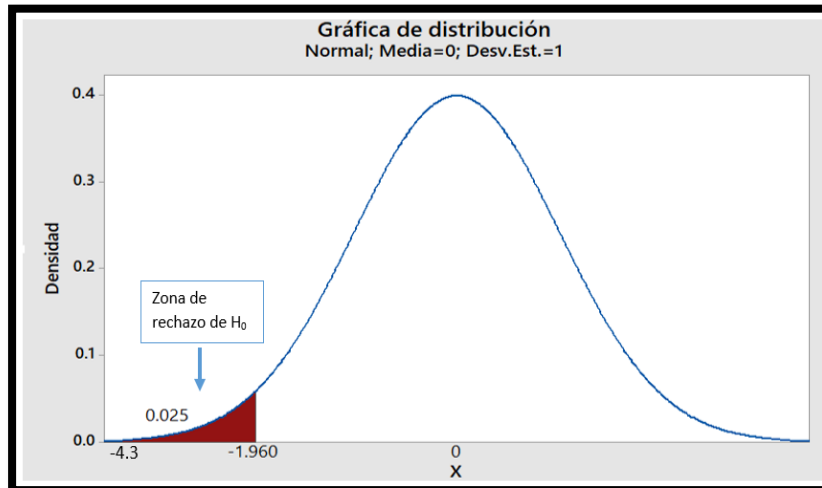
$$S_{(p_1 - p_2)} = \sqrt{\frac{(0.0465)(0.9535)}{43} + \frac{(0.5111)(0.4889)}{43}}$$

$$S_{(p_1 - p_2)} = 0.0905$$

$$Z_p = \frac{(p_1 - p_2) - (P_1 - P_2)}{S_{(p_1 - p_2)}}$$

$$Z_p = \frac{(0.0465 - 0.5111) - (0)}{0.0905}$$

$$Z_p = -4.3$$

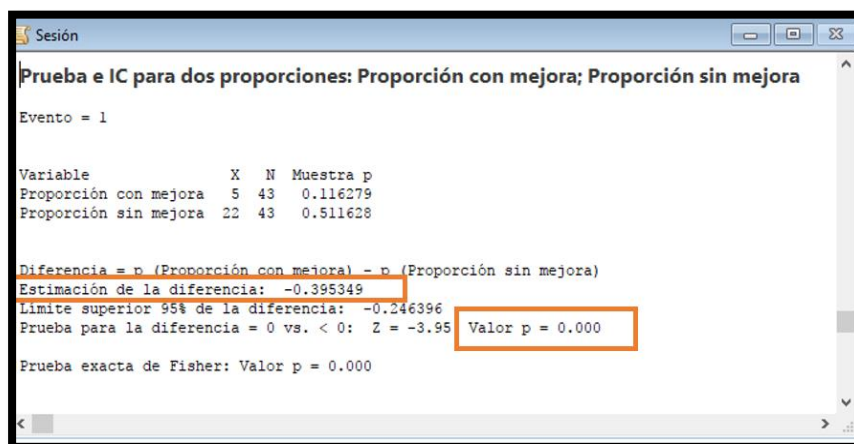


**Figura 3.2 Gráfica de distribución**

Elaboración propia

El estadístico de prueba  $Z_p = -4.3$  es mayor que el valor de tabla  $Z_{\alpha/2} = 1.96$  por este motivo caerá en la zona de rechazo de la gráfica normal. Por tal razón se puede afirmar con un 95% de confianza que existe evidencia estadística suficiente para rechazar  $H_0$ , concluyendo entonces que la proporción  $P_1$  del scrap aplicando la propuesta de mejora será significativamente menor a la proporción  $P_2$  del scrap antes de la mejora esto es  $P_1 < P_2$ , correspondientes a las proporciones de scrap antes de la mejora y después de la mejora respectivamente.

Adicionalmente se realizó la evaluación de prueba de hipótesis con ayuda del soporte MINITAB17 obteniendo los siguientes datos.



**Figura 3.3 Prueba de hipótesis para diferencia de dos proporciones muestrales**

Elaboración propia

El valor  $p$  obtenido con el uso del software fue de  $p = 0$ , siendo menor al nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  con una confianza del 95%, se ratifica el rechazo de la hipótesis nula antes mencionada.

### 3.3 Análisis de costos

La implementación de las propuestas de mejora originó, ahorros monetarios debido a que ya no se desperdicia materia prima de forma de scrap debido a los excesivos cambios de trabajos de forma abrupta entre las medidas de una orden de producción a otra.

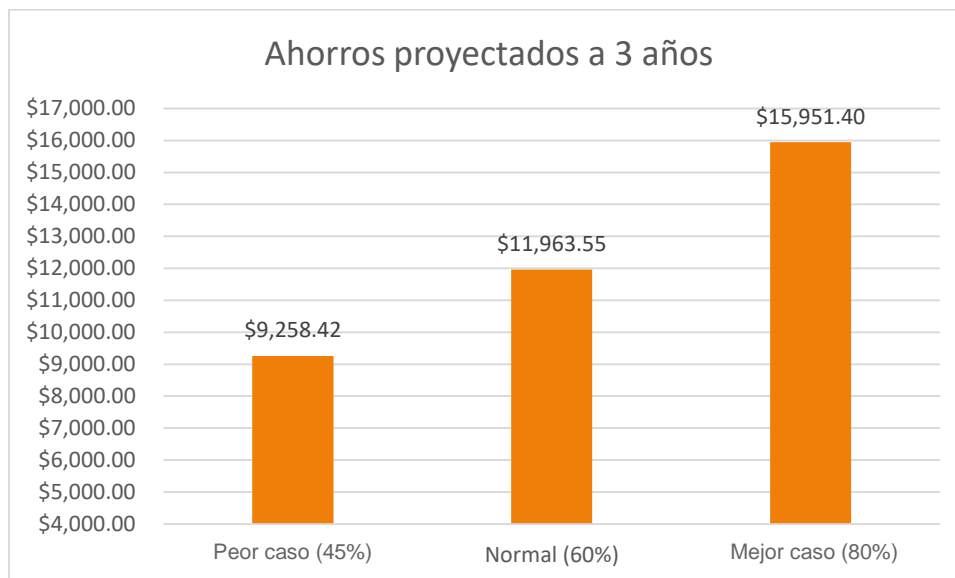
Para el siguiente análisis se asignó es el costo unitario por cada kilogramo de plástico, de acuerdo con las proporciones más frecuentes en la composición de películas de polietilenos de baja densidad esto se muestra en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3 Resultados antes de la implementación**

Material	% Aportación	\$/Kg
MBD	65%	1.59
MAD	15%	1.28
Lineal	10%	1.35
Metaloceno	5%	1.43
Industrial	5%	1.49
Costo unitario	\$1.51	

Elaboración propia

Cada kilogramo de material extruido que se convierte en scrap le representa un costo a la empresa de \$1.51 dólares. Se realizó una proyección del ahorro esperado en un horizonte de tiempo de 3 años, basado en 3 diferentes escenarios. Estos resultados se detallan en la Figura 3.4.



**Figura 3.4 Ahorros proyectados a 3 años**

Elaboración propia

Para el primer año se espera una reducción de 45.40%, es decir de 931 kilogramos de scrap se reduce a 420 kilogramos mensual, con un ahorro de \$9.258,42. Para el segundo año una reducción proyectada de 60%, es decir de 931 kilogramos se reduce a 279 kilogramos mensual, con un ahorro de \$11.963,55 y para el tercer año con una reducción del 80%, es decir de 931 kilogramos a 186 kilogramos mensual, un ahorro de \$15.951,40. Es importante recalcar que el desperdicio nunca podrá reducirse en un 100% debido a que existe desperdicio propio del proceso, que lo ideal es minimizarlo lo máximo posible. Con todos estos ahorros proyectados la empresa podrá invertir este dinero en oportunidades de mejora, generando así un costo de oportunidad.

# CAPÍTULO 4

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Luego de realizar un profundo análisis sobre los principales motivos que generan un exceso de material de desperdicio durante la operación dentro del área de extrusión, se logró determinar las soluciones más adecuadas y que reduzcan el tiempo de implementación a la vez que maximizan el impacto sobre el problema planteado, por tal motivo el presente proyecto representa una oportunidad significativa de mejora para la planta ya que se demostró estadísticamente que las propuestas implementadas logran cumplir el objetivo planteado con holgura, se redujo la variable de respuesta en un 45.40%, originando ahorros significativos en los costos operacionales en donde para el primer año se espera un ahorro de \$9.258,42 asociados al área de extrusión. A partir de los resultados obtenidos se puede además seguir con el proceso de mejora continua, aplicando los principios de desarrollados en este trabajo hacia las demás áreas de producción logrando así una completa armonía del proceso productivo.

### 4.1 Conclusiones

1. Se aplicó un modelo de secuenciación utilizando los principios de la metodología S-DBR usando amortiguadores de tiempo para los órdenes de trabajo.
2. Se desarrolló un programa prototipo que permite el ingreso de órdenes de producción, a la vez que son ordenadas por niveles de prioridad de entrega, seguidamente del ancho del material a extruirse.
3. Se definió un proceso estándar para el cambio de trabajo en la máquina SIUS, desarrollando un procedimiento específico donde se detallan los pasos a seguir y las relaciones matemáticas implicadas entre los parámetros de la máquina y especificaciones del material a elaborar para reducir el tiempo entre cambios.
4. Se logró una reducción del nivel de scrap del área de extrusión en un 45,40% estimando un ahorro anual esperado para la compañía de \$9258.42

## 4.2 Recomendaciones

1. Establecer un cronograma de revisiones periódicas para monitorear el desempeño y cumplimiento del procedimiento estandarizado para los operarios.
2. Analizar la base de datos registrada en el programa de ingreso de órdenes de producción con el fin de encontrar hallazgos que permitan mejorar el desempeño de las actividades de extrusión.
3. Realizar un levantamiento exhaustivo de información sobre los parámetros de máquina requeridos para cada uno de los materiales extruidos, así como la composición y formulación de los sustratos.
4. Revisar y ajustar los lapsos de entrega de pedidos a los clientes prometidos por los vendedores, para que estos se ajusten al volumen solicitado y a la disponibilidad de la máquina, evitando órdenes emergentes y despachos retrasados.



# BIBLIOGRAFÍA

- [1] Andi Ganti, Dr. Anita G. Ganti, «Six Sigma and Health care», IISE's Society for Health Systems, p. 9.
- [2] H. G. Pulido, Calidad Total y Productividad, Tercera Edición ed., México D.F.: Mc Graw Hill, 2010.
- [3] J. R. O. / A. E. Pavón, «Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la,» 23 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://www.laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>.
- [4] ASQ Service Quality Division. (n.d.). Retrieved June 9, 2016, from <http://asq.org/learn-about-quality/lean/overview/value-stream-mapping.html>
- [5] ASQ Service Quality Division. (n.d.). Retrieved June 9, 2016, from <http://asqservicequality.org/glossary/voice-of-the-customer-voc/>
- [6] ASQ Service Quality Division. (n.d.). Retrieved June 9, 2016, from <http://asq.org/learn-about-quality/decision-making-tools/overview/decision-matrix.html>
- [7] ASQ Service Quality Division. (n.d.). Retrieved June 9, 2016, from <http://asqservicequality.org/glossary/5-whys/>
- [8] ASQ Service Quality Division. (n.d.). Retrieved June 9, 2016, from <http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/fishbone.html>
- [9] ASQ Service Quality Division. (n.d.). Retrieved June 9, 2016, from <http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/pareto.html>
- [10] ASQ Service Quality Division. (n.d.). Retrieved June 9, 2016, from <http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/fmea.html>
- [11] «Six Sigma DMAIC Process - Define Phase - Six Sigma Project Charter - International Six Sigma Institute». [En línea]. Disponible en: [http://www.sixsigma-institute.org/Six\\_Sigma\\_DMAIC\\_Process\\_Define\\_Phase\\_Six\\_Sigma\\_Project\\_Charter.php](http://www.sixsigma-institute.org/Six_Sigma_DMAIC_Process_Define_Phase_Six_Sigma_Project_Charter.php).

# APÉNDICES

# APÉNDICE A

## Formato modificado para el resumen de turno de máquinas extrusoras

RESUMEN DE TURNO DE MÁQUINAS EXTRUSORAS																			
Fecha:		Turno			Operador:						Ayudantes:								
INFORMACIÓN DE PRODUCCIÓN				CAUSAS DE SCRAP (KG)														Comentarios	
Máquina	O/P	Kg Producidos	Hrs. Máq.	Arranque de Máq.	Cambio de resina	Hueco en el globo	Refile	Arranque por Mtto	Cambio de trabajo	Limpieza de Máq.	Grumos / Quemado	Falla Mecánica	Falla tratador	Falla de guía	Falla de cuchilla	Otros	Total Scrap		
<b>Total del turno</b>																			

## APÉNDICE B

### Reporte de las órdenes de producción

Orden de Producción	Color	Tipo	Ancho (mm)	Calibre (mm)	Inicio	Fin	Producción (kg)	Scrap (kg)
6768	Natural	Lámina	863.6	35	7:30:00 AM	7:30:00 PM	1456	14.5
6769	Natural	Lámina	865	35	7:30:00 PM	6:30:00 AM	1263.5	10
6768	Natural	Lámina	863.6	35	7:30:00 AM	7:30:00 PM	1305	13.5
6769	Natural	Lámina	865	35	7:30:00 PM	10:00:00 PM	394.5	27
6848	Natural	Lámina	1217	53.34	10:00:00 PM	5:30:00 AM	1077	29
6849	Natural	Lámina	1219.2	53.34	7:30:00 AM	1:30:00 PM	1128	0

## APÉNDICE C

### Diagrama de flujo de los operadores de extrusión

Locación: Área de extrusión		Resumen		
Actividad: Cambio de formato		Evento	N°	Observaciones
Fecha: 07/10/2017		Operación	6	
Operador: Mauricio Bone		Transporte	0	
Comentario: Proceso de cambio de formato realizado en el turno 1 en la máquina Sius		Retrasos	0	
		Inspección	2	
		Almacenamiento	0	
		Tiempo (seg)	654	
Descripción de los elementos	Símbolo	Tiempo (seg)	Distancia	Recomendaciones
Revisar las especificaciones en la orden de producción		60		
Agregar o reducir aire en el interior del globo		150		
Medir si el espesor es el adecuado		100		
Incrementar o disminuir las revoluciones del motor		65		
Incrementar o reducir la velocidad del rodillo de tiro		150		
Medir si el ancho es el correcto		54		
Centrar la guía		30		
Centrar la bobina		45		
<b>TOTAL</b>		<b>654</b>		

Locación: Área de extrusión		Resumen						
Actividad: Cambio de formato		Evento	N°	Observaciones				
Fecha: 07/10/2017		Operación	6					
Operador: José Quimí		Transporte	0					
Comentario: Proceso de cambio de formato realizado en el turno 1 en la máquina Sius		Retrasos	0					
		Inspección	2					
		Almacenamiento	0					
		Tiempo (seg)	755					
Descripción de los elementos	Símbolo				Tiempo (seg)	Distancia	Recomendaciones	
Revisar las especificaciones en las ordenes de producción	●	→	■	D	▼	50		
Aumentar o disminuir la velocidad del RPM	●	→	■	D	▼	75		
Incrementar o reducir la velocidad del rodillo de tiro	●	→	■	D	▼	165		
Agregar o reducir aire en el interior del globo	●	→	■	D	▼	180		
Medir si el ancho es el correcto	●	→	■	D	▼	150		
Medir si el espesor es el adecuado	●	→	■	D	▼	50		
Centrar la guía	●	→	■	D	▼	40		
Centrar la bobina	●	→	■	D	▼	45		
<b>TOTAL</b>						<b>755</b>		

# APÉNDICE D

## Procedimiento para cambio de trabajo

<b>PACK SOLUTIONS S.A.</b>	<b>CAMBIO DE ORDEN DE TRABAJO DE COEXTRUSORA DE 3 CAPAS SIUS</b>	<b>TIPO DOCUMENTO:</b> PROCEDIMIENTO
		<b>CÓDIGO:</b> INSPRO
		<b>VERSIÓN:</b> 20-08-17
		<b>PÁGINA:</b> Página 51 de 79

<b>Derechos de Autor</b>	El contenido de este documento es confidencial, por lo cual no debe ser reproducido, distribuido o mostrado a terceras partes sin previa autorización. Todos los derechos pertenecen a la compañía.
<b>Área que Elabora</b>	Calidad
<b>Autor</b>	Líderes de proyecto integrador
<b>Revisión</b>	Ing. Julio Pereira
<b>Aprobación</b>	Ing. Paul Mora

### Tabla de Contenido

1. OBJETIVO.....	52
2. ALCANCE .....	52
3. RESPONSABILIDADES .....	52
4. EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES A UTILIZAR .....	53
5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	53
5.1 CONSIDERACIONES GENERALES DEL ÁREA .....	53
5.2 CONDICIONES PARA EL CAMBIO DE TRABAJO .....	54
5.3 DESCRIPCIÓN DEL INSTRUCTIVO.....	54
6. PARÁMETROS DEL PROCESO .....	56
7. MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE .....	57
8. REFERENCIAS.....	57
9. CONTROL DE REGISTROS .....	57
10. CONTROL DE CAMBIOS.....	57

## 1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para el correcto cambio de orden de trabajo en la coextrusora de 3 capas SIUS cumpliendo los parámetros establecidos en la respectiva orden de producción.

## 2. ALCANCE

Aplica para el proceso de extrusión desde la recepción de una nueva orden de producción hasta su puesta en marcha estable.

## 3. RESPONSABILIDADES

Del **Operador Líder de Extrusión:**

- Realizar el correcto cambio de orden de trabajo de acuerdo a las especificaciones dadas en la orden de producción cumpliendo con las buenas prácticas de manufactura desde la recepción de materia prima hasta la entrega del producto al siguiente proceso.
- Registrar en el formato de *Reporte de producción: Extrusión*, la información sobre la materia prima y el scrap generado.
- Registrar en el formato de *Control de producción*, los rollos extruidos y sus especificaciones
- Registrar en el formato de *Control de extrusión*, las novedades de calidad en extrusión.
- Registrar en el formato de *Parámetros de extrusión*, las características de funcionamiento de la máquina luego de realizar el cambio de trabajo.
- Cumplir con la entrega de los formatos de control y proporcionar una muestra de cada rollo de las órdenes de producción a los inspectores de calidad, correctamente identificados con número de orden de fabricación, número de rollo y máquina de elaboración.

De los **Auxiliares de Operación:**

- Colaborar con el cambio de trabajo siguiendo las instrucciones del operario líder.
- Realizar el correcto mezclado de las resinas de extrusión previo al cambio de trabajo.
- Realizar el pesaje de las bobinas extruidas restando el peso del core e identificándolas con su respectiva etiqueta.
- Realizar el pesaje y la rotulación del material de desperdicio para llevar un control del scrap por cambio de orden de trabajo de la máquina.
- Verificar periódicamente que el material extruido no haya sufrido alteraciones de forma y dimensiones.
- Cumplir con las normas BPM en limpieza de máquina y orden del área de trabajo, además de abastecer de materia prima las extrusoras cuando sea requerido y realizar la mezcla correcta de la materia prima, utilizando los insumos y porcentajes adecuados.

De los **Inspectores de Calidad:** son los encargados de verificar el cumplimiento de este instructivo; además se encargarán de los siguientes controles:

- Verificar el inicio de las nuevas órdenes en las máquinas extrusoras.
- Verificar el cumplimiento de las normas BPM en el área.
- Verificar que los parámetros cualitativos y cuantitativos especificados en la orden de fabricación se cumplan durante la realización de la misma.
- Revisar que las órdenes de producción estén libres de tachones, rayones, o modificadas manualmente.



- Revisar el formato de *control de proceso*.
- Revisar que los formatos de los operadores estén ordenados, llenados y accesibles para cualquier inspección.
- Dar soporte a los operarios en caso de existir dudas sobre los parámetros de extrusión

#### 4. EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES A UTILIZAR

##### EQUIPOS

- Coextrusora de 3 capas SIUS
- Elevador de cargas manual

##### INSTRUMENTOS

- Micrómetro
- Flexómetro
- Balanza digital

##### MATERIALES

- Llaves y herramientas
- Cores de cartón
- Marcador de tratamiento
- Marcador permanente
- Estilete
- Tablero acrílico
- Esferográfico

#### 5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

##### 5.1 CONSIDERACIONES GENERALES DEL ÁREA

<b>Documentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reporte de producción: EXTRUSIÓN.</li> <li>- Control de producción (Orden de Producción).</li> <li>- Control de línea de extrusión.</li> <li>- Resumen de extrusión.</li> <li>- Etiquetas en los rollos extruidos.</li> </ul>
----------------------	--

<b>Abastecimiento y almacenamiento temporal de insumos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar que el espacio asignado al almacenamiento temporal este limpio y libre de objetos ajenos al área.</li> <li>- Recepción de materia prima requerida según la Orden de producción: cantidad, tipo de material, marca del material.</li> <li>- La materia prima debe estar sobre pallets y en un lugar libre de riesgos de contaminación.</li> <li>- Almacenamiento temporal de materia prima según su tipo.</li> <li>- Etiquetado de materia prima según la orden de producción.</li> </ul>
--	---

## 5.2 CONDICIONES PARA EL CAMBIO DE TRABAJO

<p><b>Condiciones de la máquina.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar que la máquina no presente problemas mecánicos o eléctricos, o ruidos extraños al funcionamiento.</li> <li>- Los paneles de control de la máquina deben estar limpios y visibles.</li> <li>- Los rodillos de: tiro, rebobinadores, guía, eliminadores de arrugas, y de tratamiento, deben estar limpios.</li> <li>- Las máquinas deben estar libres de herramientas, plásticos, y cualquier otro objeto ajeno.</li> </ul>
<p><b>Condiciones del área de trabajo.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El área de trabajo debe de encontrarse limpia y ordenada.</li> <li>- Las herramientas deben estar ordenadas y su lugar correspondiente de almacenamiento antes y después de utilizarlas.</li> <li>- Las zonas de tránsito seguro deben estar libre de obstáculos.</li> <li>- El área de cores de cartón deben estar ordenados según su tamaño y su tipo, en su espacio específico.</li> <li>- Verificar si las condiciones ambientales afectan a la producción.</li> <li>- Mantener el área de extrusión cerrada para evitar el riesgo de ingreso de partículas volátiles.</li> <li>- Verificar que el área de trabajo esté libre de insectos, o cualquier otra especie de animales.</li> <li>- Verificar que no haya humedad en la tolva de las máquinas.</li> <li>- Las bobinas terminadas y almacenadas deben tener su respectiva etiqueta y estar protegidos.</li> </ul>

## 5.3 DESCRIPCIÓN DEL INSTRUCTIVO

<p><b>Condiciones Operacionales</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar que los cores de la producción a cambiar estén disponibles y cortados a la medida necesaria.</li> <li>- Revisar que las porta cuchillas para refilación estén en buen estado y contengan su respectiva cuchilla.</li> </ul>
<p><b>1. Verificación previa</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar que la materia prima para realizar el cambio de trabajo sea la correcta según lo especificado en la orden de producción.</li> <li>- Verificar que las cantidades de material despachado de bodega sea la correcta.</li> <li>- Revisar la orden de producción leyendo atentamente cada uno de los campos competentes al proceso de extrusión.</li> <li>- Comprobar que la orden y sus parámetros correspondan a la maquina SIUS.</li> <li>- Si alguno de las especificaciones no está claro o presenta alguna inconsistencia operacional consultar con el jefe de producción.</li> </ul>
<p><b>2. Preparación de ejes</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escoger el core específico para la orden a producir</li> <li>- Colocar el core en el eje portarrollos y centrarlo con ayuda del flexómetro.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar el eje en el porta ejes en la máquina.</li> </ul>
<p><b>3. Establecimiento de parámetros</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una vez revisada la orden de trabajo, ajustar la temperatura en las diferentes partes de la máquina.</li> <li>- Ajustamos el flujo de aire en el IBC, para calibrar las medidas el diámetro del globo, y por ende el ancho tubular del material extruido.</li> <li>- Para calcular el cambio necesario en el IBC y proporcionar el flujo de aire al interior de la burbuja incrementando o disminuyendo su diámetro. Se establece una relación empírica tomando cada revolución del variador del IBC como <math>4 \text{ in} = 101.6 \text{ mm}</math>.</li> </ul> $\# \text{ de vueltas de IBC} = \frac{ \text{Ancho 1} - (\text{Ancho 2} + \text{Ref}) }{101.6}$ <p>Donde</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho 1 = Ancho de la orden anterior en mm.</li> <li>• Ancho 2 = Ancho de la orden nueva en mm.</li> <li>• Ref = Refile de los bordes en mm.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se mide con flexómetro el ancho total del material extruido para comprobar si se ha llegado al ancho deseado, de no ser así reajustar el IBC, este paso se repetirá hasta tener al ancho deseado.</li> <li>- Inmediatamente después se ajusta el rodillo de tiro para dar el calibre deseado al material extruido. Para realizar una aproximación de alta confiabilidad de la velocidad que deberá tener la nueva orden de producción manteniendo constante los RPM de motor de la orden anterior se deberá usar la fórmula especificada a continuación:</li> </ul> $\text{VRT 2 [m/min]} = \text{VRT 1} \times \frac{(\text{Ancho 1} \times \text{Calibre 1})}{(\text{Ancho 2} \times \text{Calibre 2})}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VRT1 = Velocidad del rodillo de tiro de la orden anterior en metros por minuto.</li> <li>• VRT2 = Velocidad del rodillo de tiro de la orden nueva en metros por minuto.</li> <li>• Ancho 1 = Ancho de la orden anterior en mm.</li> <li>• Ancho 2 = Ancho de la orden nueva en mm.</li> <li>• Ref = Refile de los bordes en mm.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si se desea modificar el calibre del material manteniendo al mismo ancho de extrusión, se utilizará la fórmula siguiente para realizar una aproximación confiable.</li> </ul> $\text{VRT 2 [m/min]} = \text{VRT 1} \times \frac{(\text{Calibre 1})}{(\text{Calibre 2})}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se verifica con ayuda del micrómetro si el calibre obtenido es el requerido en la orden producción, de no ser así reajustarla velocidad del rodillo de tiro hasta obtener el calibre deseado.</li> <li>- Luego se procede a modificar la posición de la guía o sensor óptico de la máquina para controlar los movimientos leves de la burbuja y centrar automáticamente la bobina pero esto se realiza la</li> </ul>

	<p>estimación con la siguiente fórmula dada en mm ya sea esta para aumento o disminución de ancho de extrusión.</p> $Ajuste\ de\ guía\ [mm] = \frac{ Ancho\ 1 - (Ancho\ 2 + Ref) }{2}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si el cambio de calibre es mayor a 60 micras  Calibre 1 – Calibre 2  &gt; 60 µm se incrementa 3 revoluciones de motor por cada micra de diferencia y se reajusta el rodillo de tiro.</li> <li>- Si se requiere extruir láminas colocar las cuchillas de refile a las distancias requeridas para obtener el ancho específico. Y que dicho refile no supere los 10 mm.</li> <li>- Colocar las tiras de refile en el reinyentor de la máquina.</li> <li>- Si en la orden de producción requiere tratamiento superficial para impresión, encender el tratador y ajustar la intensidad de tratamiento según indicaciones del cliente.</li> </ul>
<b>4. Cambio de eje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subir el eje a la posición de corte manual.</li> <li>- Presionar el botón de corte de Bobina 1</li> <li>- Desactivar el corte automático</li> <li>- Presionar el botón de bajada de ejes hasta que este llegue a su posición de bobinado.</li> <li>- Se repite el proceso en la bobina 2 para corte y cambio.</li> <li>- Cortar el exceso de material cuidando de no rasgar la lámina interna de la bobina que está a la medida deseada.</li> </ul>
<b>5. Corrida de nueva orden de trabajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una vez lista la máquina se arranca con la nueva orden de trabajo y se toma una muestra de la película extruida de 1 m. de largo y se verifica todos los parámetros indicados en la orden de trabajo.</li> </ul>

## 6. PARÁMETROS DEL PROCESO

PACK SOLUTIONS S.A.		PARAMETROS DE EXTRUSIÓN MÁQUINA: COESXTRUSORA 3CP SIUS				
FECHA:		CLIENTE				
ORDEN DE PRODUCCIÓN		REFERENCIA:				
ESPECIFICACIONES:		Ancho (mm):	Calibre (µm):			
Molde (mm)		Peso (g)/metro:				
Relación de soplado:		Paso de Guía (mm)				
PARAMETROS DE MÁQUINA						
Temperaturas		Tornillo			Velocidades	
Zonas		A	B	C	Vel. de Motor (RPM):	
Temp. Zona 1 (°C):					Vel. de Rodillo (m/min):	
Temp. Zona 2 (°C):						
Temp. Zona 3 (°C):					Fórmula	
Temp. Zona 4 (°C):					Materia prima	%
Temp. Cabezal (°C):						
Caudal de tornillo						
Tornillo A (kg/h):						
Tornillo B (kg/h):						
Tornillo C (kg/h):						
OBSERVACIONES:						

## 7. MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE

- 1) Cuando se realice el corte de la bobina mantener las extremidades fuera del área de corte.
- 2) Al realizar el cambio de bobina mantener las extremidades fuera de las la barras móviles
- 3) Utilizar guantes, botas de seguridad y tapones auditivos.
- 4) No tener ningún tipo de distracción y estar atentos a las señales de precaución.
- 5) Tener precaución de no estar en contacto con las zonas calientes de la maquinaria y el material extruido mientras este tenga alta temperatura.
- 6) Utilizar las herramientas adecuadas y para el fin que fueron diseñadas.

## 8. REFERENCIAS

NO APLICA

## 9. CONTROL DE REGISTROS

Código del Formato	Producto, fecha, máquina
Nombre del formato	INSPRO
Cargo de Responsable de la Recolección	Usuario final
Recuperación (por fecha, código de cliente, etc.)	Por fecha
Acceso	Departamento de Calidad
Protección: Físico en almacén, Electrónico	Físico en almacén
Almacenamiento	Folder - archivador
Tiempo de Almacenamiento	Un año
Disposición final	Reciclaje

## 10. CONTROL DE CAMBIOS

<b>Business Process</b>	Extrusión
<b>Proceso:</b> Procedimiento de cambio de orden de trabajo	

Fecha de Actualización (dd/mm/yyyy)	Actualizado por (Autor)	Cambios Realizados (Número de sección y cambio)	Versión #

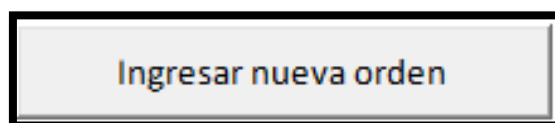
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
<b>Gestión de Calidad</b>	<b>Gerente de Planta</b>	<b>Presidencia</b>
Fecha:	Fecha:	Fecha:

## APÉNDICE E

### Instructivo para el uso del programa prototipo

#### Instructivo de uso del Programa prototipo

1. Abrir el documento de Excel **Registro de órdenes**.
2. Presionar la tecla de función F9 para actualizar el reloj del programa.
3. Hacer click en el botón **Ingresar nueva orden**.



4. A continuación, aparecerá la venta de **Ingreso de órdenes de producción**, donde se llenarán cada uno de los campos solicitados, los mismos que se tomarán de las notas de pedidos proporcionadas por los vendedores, tomando en cuenta las unidades en las que se requiere.
  - a. Las fechas de ingreso de orden será aquella en la que sea recibida por el departamento de producción y la fecha de entrega de pedido es la que el vendedor ha acordado con el cliente. Adicionalmente se deberá especificar el tipo de orden tanto si esta es normal o urgente.

Una captura de pantalla de una ventana de software titulada "Registro de orden". El encabezado muestra "PACK SOLUTIONS S.A." y "Ingreso de Ordenes de Producción". El formulario contiene los siguientes campos:

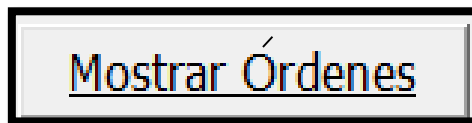
- Cliente: un campo de texto con el carácter "I" ingresado.
- Referencia: un campo de texto vacío.
- Una sección "Especificaciones" con los siguientes campos: Ancho (mm), Calibre (µm), Kilogramos (Kg), Vel. de Rodillo (m/min) y Vel. de Motor (RPM).
- Una sección "Tipo de Orden" con dos opciones de radio: "Normal" y "Urgente".
- Nota de Pedido: un campo de texto vacío.
- Ruta de Procesos: un menú desplegable.
- Fecha de Ingreso de Orden: tres campos de selección para Mes, Día y Año.
- Fecha de Entrega de Pedido: tres campos de selección para Mes, Día y Año.

En la parte inferior del formulario hay tres botones: "Guardar", "Mostrar Ordenes" y "Cancelar".

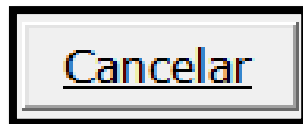
5. Para finalizar el ingreso de la orden dar click en el botón **Guardar**



a. Si desea ver las órdenes actuales ingresadas hasta el momento dar click en el botón **Mostrar órdenes**.



b. Si desea cancelar la orden actual dar click en el botón **Cancelar**.



6. Al dar click en **Guardar** aparecerá un cuadro de diálogo que no preguntará si deseamos registrar otra orden.

a. Presionar **Si** en caso de necesitar registrar otra orden.

b. Presionar **No** en caso de finalizar los registros.



7. Se registrarán los datos en una base de datos en Excel donde se realizan automáticamente los cálculos necesarios para programación secuencial de órdenes.

a. Se mostrará además una tabla de colores indicando el estado de penetración de buffer de tiempo que la orden presente, asignando un nivel de prioridad de 1 a 4 siendo 1 el de mayor prioridad y 4 el de menor.



BASE DE DATOS PLACK SOLUTIONS S.A.				Ingresar nueva orden		Color	Nivel de prioridad	Densidad Establecida (g/cm3)	0.921
Día:	miércoles	Para actualizar fecha presionar F9					1		
Fecha:	30						2		
Mes:	agosto						3		
Hora:	13:02						4		

# de Orden	Cliente	Referencia	Nota de Pedido	Ancho (mm)	Calibre (µm)	Kilogramos (Kg)	Velocidad de Rodillo	Velocidad Espe. De Rod.	Velocidad de Motor	Volumen (mm³)	Densidad (g/cm³)	Pe
1	LUIS MARIUENA	EMPANADAS VICTORIA ARTESANALES	9020	1045	31	423.5	24	0	1000	32395	0.92	
2	INPAECSA	HADA TH33MX4	9051	1480	35	444	20	15.00926641	1300	51800	0.92	
3	INPAECSA	HADA ECON X6 17 MTS	8945	865	35	422.5	22	34.21965318	1200	30275	0.92	
4	INPAECSA	HADA ECON X6 17MTS	8945	865	35	1212	22	22	1200	30275	0.92	
5	ECOFROZ	13.75" X70 MIC	9064	1080	70	1070.5	11	8.810185185	1250	75600	0.92	
6	INPAECSA	HADA DELUXE MANZANILLA	9080	1100	40	662.5	20	18.9	1000	44000	0.92	
7	INPAECSA	HADA DELUXE MANZANILLA	9081	1100	40	681	20	20	1000	44000	0.92	
8	INPAECSA	HADA COTTON	9091	1161	40	366	21	18.94918174	1000	46440	0.92	
9	INPAECSA	HADA MANZANILLA DELUXE	9079	1310	35	386.5	22	21.27022901	1100	45850	0.92	
10	INPAECSA	HADA MANZANILLA DELUXE	9079	1310	35	448.5	22	22	1100	45850	0.92	
11	INPAECSA	PH MICOMIS	9089	1358	35	631	23	21.22238586	1100	47530	0.92	
12	INPAECSA	PH MICOMIS	9091	1522	35	588	23	20.521682	1050	53270	0.92	
13	OTELO	PANALIN CLASICO	9101	1550	38	541	19	20.80152801	1400	58900	0.92	
14	INPAECSA	PH MICOMIS	9085	1522	35	324.5	22	21.00807209	1110	53270	0.92	
15	INPAECSA	PH MICOMIS CLÁSICO	9092	1298	40	841	18	22.5720339	1300	51920	0.92	
16	INPAECSA	PH MICOMIS SUP	9083	1480	35	310	23	18.04169884	1100	51800	0.92	
17	INPAECSA	PH MICOMIS MEGA	9086	1298	40	426	18	22.94684129	1300	51920	0.92	

8. Ir a la Hoja llamada **Secuenciación de Órdenes**

18	7641	10	9079	1	1310
19	7642	15	9092	1	1298
20	7643	37	9144	1	1217

Base de Datos    **Secuenciación de Órdenes**    NUEVO    GENERAL    Hoja1

9. A continuación, aparecerá la pantalla de secuenciación de órdenes de producción donde debemos presionar los botones de comandos en el siguiente orden.

COMANDOS								Color	Nivel de prioridad
Actualizar Datos	Filtro / No Filtro		Ancho: Mayor a Menor						1
Eliminar Datos			Ancho: Menor a Mayor						2
									3
									4

Orden de producción	# De Orden	Nota de Pedido	Prioridad de Entrega	Ancho	Kilogramos (kg)	Vel. Del Rodillo (m/min)	Peso por Metro (g/m)	T. Est. en Horas
7633	13	9101	1	1550	541	19	54.25	8.75

- a. **Actualizar datos:** con este botón se extraerán la información necesaria de la hoja base de datos y se la colocará en las tablas de secuenciación. De existir nuevas órdenes ingresadas se deberá presionar nuevamente este botón.




- b. **Filtro/No filtro:** luego se presiona este botón para colocar los filtros automáticamente.




Filtro / No Filtro

- c. **Ancho Mayor a Menor:** este comando sirve para ordenar por prioridad de entrega y posteriormente por ancho de extrusión de mayor a menor.



Ancho: Mayor a Menor

- d. **Ancho Menor a Mayor:** este comando sirve para ordenar por prioridad de entrega y posteriormente por ancho de extrusión de mayor a menor.



Ancho: Menor a Mayor

- e. **Eliminar Datos:** se presiona este comando para resetear la tabla.



Eliminar Datos

10. Colocar la orden de producción inicial para que se auto rellenen las siguientes órdenes teniendo listas las órdenes para su asignación y envío a planta.

## APÉNDICE F

### Datos para el cálculo de los escenarios antes y después de la implementación

N°	# Pedido	Ancho extruido (mm)	Calibre (µm)	Producción (kg)	SIN MEJORA				Estándar objetivo 4.20% Cumple (1)/no cumple (0)	CON MEJORA				Estándar objetivo 4.20% Cumple (1)/no cumple (0)
					Scrap de cambio de trabajo (kg)	Otro scrap	Scrap total	% De Scrap total		Scrap de cambio de trabajo(kg)	Otro scrap	Scrap total	% De Scrap total	
1	9020	1045	31	423.5	21.7	0	21.7	5.12	1	10.0	0	10.0	2.36	0
2	9051	1480	35	444.0	38.0	0	38.0	8.56	1	7.8	0	7.8	1.75	0
3	8945	865	35	422.5	33.5	14.5	48.0	11.36	1	9.8	14.5	24.3	5.75	1
4	8945	865	35	1212.0	0.0	47	47.0	3.88	0	15.3	47	62.3	5.14	1
5	9064	1080	70	1070.5	38.0	0	38.0	3.55	0	10.5	0	10.5	0.99	0
6	9080	1100	40	662.5	36.0	0	36.0	5.43	1	15.0	0	15.0	2.27	0
7	9080	1100	40	681.0	0.0	0	0.0	0.00	0	10.5	0	10.5	1.54	0
8	9081	1161	40	366.0	21.5	0	21.5	5.87	1	12.5	0	12.5	3.41	0
9	9079	1310	35	386.5	35.5	0	35.5	9.18	1	13.7	0	13.7	3.54	0
10	9079	1310	35	448.5	0.0	0	0.0	0.00	0	13.1	0	13.1	2.92	0
11	9089	1358	35	631.0	40.0	0	40.0	6.34	1	9.9	0	9.9	1.57	0
12	9091	1522	35	588.0	35.0	0	35.0	5.95	1	6.5	0	6.5	1.11	0
13	9101	1550	38	541.0	18.0	0	18.0	3.33	0	11.8	0	11.8	2.19	0
14	9085	1522	35	324.5	18.0	6	24.0	7.40	1	6.3	6	12.3	3.78	0
15	9092	1298	40	841.0	23.0	12	35.0	4.16	0	10.5	12	22.5	2.68	0
16	9083	1480	35	310.0	25.0	10	35.0	11.29	1	1.7	10	11.7	3.76	0
17	9086	1298	40	426.0	25.0	0	25.0	5.87	1	9.5	0	9.5	2.23	0
18	9082	1298	40	336.0	12.0	0	12.0	3.57	0	0.0	0	0.0	0.00	0
19	9084	1261	40	360.0	4.5	0	4.5	1.25	0	11.9	0	11.9	3.29	0
20	9088	1271	30	460.5	22.0	0	22.0	4.78	1	6.6	0	6.6	1.44	0
21	9088	1271	30	372.5	0.0	0	0.0	0.00	0	9.1	0	9.1	2.44	0
22	9090	1161	40	449.5	20.0	0	20.0	4.45	1	9.4	0	9.4	2.08	0
23	9087	1117.6	40	973.0	30.0	0	30.0	2.47	0	26.7	0	20.7	2.13	0
24	9100	1120	76	2161.5	28.5	15	43.5	2.01	0	10.1	15	25.1	1.16	0
25	9068	1225	58.8	144.5	32.5	0	32.5	22.49	1	10.5	0	10.5	7.30	1

N°	# Pedido	Ancho extruido (mm)	Calibre (µm)	Producción (kg)	SIN MEJORA				Estándar objetivo 4.20% Cumple (1)/no cumple (0)	CON MEJORA				Estándar objetivo 4.20% Cumple (1)/no cumple (0)
					Scrap de cambio de trabajo (kg)	Otro scrap	Scrap total	% De Scrap total		Scrap de cambio de trabajo(kg)	Otro scrap	Scrap total	% De Scrap total	
26	9102	1290	40	503.5	12.0	0	12.0	2.38	0	6.5	0	6.5	1.29	0
27	9103	1047	80	408.5	35.0	0	35.0	8.57	1	12.5	0	12.5	3.06	0
28	9064	1079.5	70	1027.0	24.0	9	33.0	3.21	0	12.6	9	21.6	2.11	0
29	9143	1372	38	556.0	24.5	0	24.5	4.41	1	12.0	0	12.0	2.17	0
30	9128	1016	50.8	325.2	30.0	0	30.0	9.23	1	7.1	0	7.1	2.20	0
31	9127	1016	50.8	297.1	25.0	0	25.0	8.41	1	10.4	0	10.4	3.51	0
32	9144	1217	53.34	530.5	22.0	0	22.0	4.15	0	6.7	0	6.7	1.27	0
33	9145	1126	40	553.0	20.5	2	22.5	4.07	0	11.6	2	13.6	2.45	0
34	9168	1262	53.34	1119.0	27.0	0	27.0	2.41	0	6.0	0	6.0	0.53	0
35	9213	914.4	63.5	306.0	13.2	0	13.2	4.31	1	5.8	0	5.8	1.89	0
36	9211	1450	63.5	480.0	43.0	30	73.0	15.21	1	10.6	30	40.6	8.45	1
37	9170	1420	80	445.0	25.5	30	55.5	12.47	1	8.9	30	38.9	8.74	1
38	9170	1422.4	310	370.5	0.0	0	0.0	0.00	0	9.9	0	9.9	2.67	0
39	9209	900	63	447.5	20.5	0	20.5	4.58	1	4.3	0	4.3	0.96	0
40	9163	1084.58	40	636.0	18.0	0	18.0	2.83	0	14.3	0	14.3	2.25	0
41	9163	1085	40	723.5	0.0	0	0.0	0.00	0	9.3	0	9.3	1.29	0
42	9167	1217	53.34	777.0	18.0	0	18.0	2.32	0	6.0	0	6.0	0.77	0
43	9167	1219.2	53.34	1395.0	15.0	0	15.0	1.08	0	6.7	0	6.7	0.48	0
<b>TOTAL</b>					<b>25936.3</b>		<b>1100.4</b>		<b>22</b>	<b>419.9</b>		<b>589.4</b>		<b>5</b>

## APÉNDICE G

### Modelo de carta de control para variables de Media y Rango aplicado al porcentaje de scrap

CARTA DE CONTROL PARA VARIABLES							
Fecha	Muestra n	Subgrupo K	Producción (Kg)	Scrap total (kg)	Porcentaje de Scrap (%)	Media	Rango
1/8/2017	1	1	423.5	21.7	0.05	0.05	0.08
		2	444.0	38.0	0.08		
		3	422.5	33.5	0.07		
		4	1212.0	0.0	0		
2/8/2017	2	1	1070.5	38.0	0.03	0.035	0.06
		2	662.5	36.0	0.05		
		3	681.0	0.0	0		
		4	366.0	21.5	0.06		
3/8/2017	3	1	386.5	35.5	0.08	0.05	0.08
		2	448.5	0.0	0		
		3	631.0	40.0	0.06		
		4	588.0	35.0	0.06		
4/8/2017	4	1	541.0	18.0	0.03	0.045	0.04
		2	324.5	18.0	0.05		
		3	841.0	23.0	0.03		
		4	310.0	25.0	0.07		
5/8/2017	5	1	426.0	25.0	0.06	0.0375	0.05
		2	336.0	12.0	0.03		
		3	360.0	4.5	0.01		
		4	460.5	22.0	0.05		
6/8/2017	6	1	372.5	0.0	0	0.02	0.04
		2	449.5	20.0	0.04		
		3	973.0	30.0	0.03		
		4	2161.5	28.5	0.01		
8/8/2017	7	1	1395.0	15.0	0.01	0.0325	0.07
		2	503.5	12.0	0.02		
		3	408.5	35.0	0.08		
		4	1027.0	24.0	0.02		
9/8/2017	8	1	556.0	24.5	0.04	0.06	0.04
		2	325.2	30.0	0.08		
		3	297.1	25.0	0.08		
		4	530.5	22.0	0.04		
10/8/2017	9	1	553.0	20.5	0.04	0.045	0.06
		2	1119.0	27.0	0.02		
		3	306.0	13.2	0.04		
		4	480.0	43.0	0.08		
11/8/2017	10	1	445.0	25.5	0.05	0.03	0.05
		2	370.5	0.0	0		
		3	447.5	20.5	0.04		
		4	636.0	18.0	0.03		
<b>Promedios</b>						<b>0.0405</b>	<b>0.057</b>

Datos para la gráfica	
X doble barra	0.0405
R barra	0.057
D <sub>4</sub>	2.282
D <sub>3</sub>	0
A <sub>2</sub>	0.729

Límites de control para media	
LSC <sub>(Media)</sub>	0.082
LIC <sub>(Media)</sub>	-0.0011

Límites de control para rango	
LSC <sub>(Rango)</sub>	0.13
LIC <sub>(Rango)</sub>	0

Tabla agrupada para Media				
Muestra	Media	X doble barra	LSC <sub>(Media)</sub>	LIC <sub>(Media)</sub>
1	0.05	0.0405	0.082	-0.0011
2	0.035	0.0405	0.082	-0.0011
3	0.05	0.0405	0.082	-0.0011
4	0.045	0.0405	0.082	-0.0011
5	0.0375	0.0405	0.082	-0.0011
6	0.02	0.0405	0.082	-0.0011
7	0.0325	0.0405	0.082	-0.0011
8	0.06	0.0405	0.082	-0.0011
9	0.045	0.0405	0.082	-0.0011
10	0.03	0.0405	0.082	-0.0011

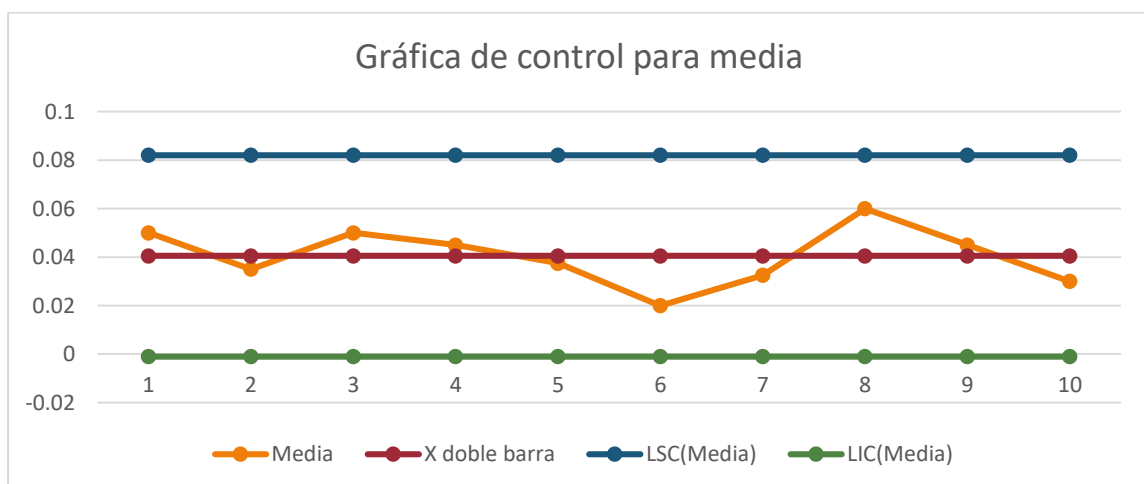


Tabla agrupada para Rango				
Muestra	Rango	R barra	LSC <sub>(Rango)</sub>	LIC <sub>(Rango)</sub>
1	0.08	0.057	0.130	0.0000
2	0.06	0.057	0.130	0.0000
3	0.08	0.057	0.130	0.0000
4	0.04	0.057	0.130	0.0000
5	0.05	0.057	0.130	0.0000
6	0.04	0.057	0.130	0.0000
7	0.07	0.057	0.130	0.0000
8	0.04	0.057	0.130	0.0000
9	0.06	0.057	0.130	0.0000
10	0.05	0.057	0.130	0.0000

