



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**OPTIMIZACIÓN DE RESINAS DE POLIETILENO Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO  
DE COEXTRUSIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE FLEXIBLE**

**Jenny María Herrera Martínez**

Asesorado por el Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE RESINAS DE POLIETILENO Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO  
DE COEXTRUSIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE FLEXIBLE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JENNY MARÍA HERRERA MARTÍNEZ**

ASESORADO POR EL ING. JULIO OSWALDO ROJAS ARGUETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
EXAMINADORA	Inga. Helen Rocío Ramírez Lucas
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**OPTIMIZACIÓN DE RESINAS DE POLIETILENO Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE FLEXIBLE**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha, 27 de mayo 2016.



**Jenny María Herrera Martínez**

Guatemala, 5 de septiembre de 2017

Ingeniero

José Francisco Gómez Rivera

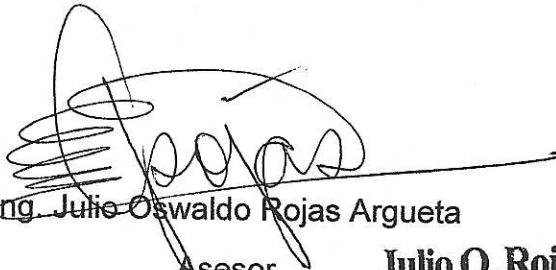
Director de Escuela de Mecánica Industrial

Presente

Le saludo atentamente informándole que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE RESINAS DE POLIETILENO Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE FLEXIBLE** desarrollado por la estudiante Jenny María Herrera Martínez, con carné 2011 14310.

Después de haber realizado todos los cambios necesarios, y siguiendo las recomendaciones de la asesoría, se ha cubierto el estudio planeado, habiendo proyectado soluciones de Ingeniería; en virtud me remito a aprobar el trabajo de graduación.

Atentamente,



Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta  
Asesor

**Julio O. Rojas Argueta**  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado 10,870



REF.REV.EMI.135.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE RESINAS DE POLIETILENO Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE FLEXIBLE**, presentado por la estudiante universitaria **Jenny María Herrera Martínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Oswin Antonio Melgar H.  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Nº 9443

Ing. Oswin Antonio Melgar  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.198.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE RESINAS DE POLIETILENO Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE FLEXIBLE**, presentado por la estudiante universitaria Jenny María Herrera Martínez, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2017.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DE RESINAS DE POLIETILENO Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE FLEXIBLE**, presentado por la estudiante universitaria: **Jenny María Herrera Martínez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, noviembre de 2017

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	A Él sea la honra y gloria en todo momento.
<b>Mis padres</b>	Luis Herrera y Lucy Martínez por ser mi ejemplo de vida y mi inspiración para ser mejor cada día.
<b>Mi hermana</b>	Allison Herrera por ser mi compañera de vida a lo largo de los años.
<b>Mis abuelos</b>	Luis Arturo Herrera, Enrique Martínez, Carmen Lemus, por su cariño. Especialmente a Jennie Ruano (q.e.p.d.) porque su amor y recuerdo vive en mi corazón día a día.
<b>Mis amigos</b>	Por sus constantes muestras de afecto.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por estar conmigo en todo momento y darme la sabiduría, inteligencia y entendimiento para alcanzar una meta más.
<b>Mis padres</b>	Por su apoyo incondicional y su ejemplo de superación y perseverancia.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	María José García, Hugo Díaz, José Armando Roldán, Aarón Bendfeldt y Luis Roca, por su apoyo en todo momento.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE EMPAQUE FLEXIBLE Y SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN DE POLIETILENO.....	1
1.1. Historia de las empresas de empaque flexible.....	1
1.2. Política de calidad.....	2
1.3. Planeación estratégica.....	3
1.3.1. Misión.....	3
1.3.2. Visión.....	3
1.3.3. Propósito.....	3
1.3.4. Valores.....	4
1.4. Condiciones generales de la planta de empaque flexible.....	5
1.4.1. Organigrama de la planta.....	5
1.4.2. Tipo de producción.....	6
1.4.3. Productos.....	6
1.5. Descripción del producto.....	8
1.6. Descripción del equipo.....	9
1.6.1. Maquinaria.....	9
1.6.1.1. Distribución de maquinaria.....	13

1.6.1.2.	Limpieza de la maquinaria .....	14
1.6.2.	Herramientas .....	15
1.6.3.	Equipo de protección personal .....	15
1.7.	Materia prima utilizada en la producción de empaque flexible.....	16
1.7.1.	Materia prima utilizada en el proceso de coextrusión .....	17
1.7.1.1.	Resinas vírgenes .....	18
1.7.1.2.	Resinas recicladas.....	20
1.8.	Descripción de los procesos.....	20
1.8.1.	Proceso de coextrusión .....	21
1.8.2.	Proceso de reciclaje de polietileno .....	22
1.8.2.1.	Clasificación del material a reciclar .....	23
1.9.	Variables críticas del proceso de coextrusión.....	24
1.10.	Pruebas de calidad .....	27
1.11.	Análisis del proceso de coextrusión .....	29
1.11.1.	Diagrama de operaciones.....	29
1.11.2.	Diagrama de flujo de operaciones .....	31
1.11.3.	Diagrama de Ishikawa .....	34
1.12.	Análisis del proceso de reciclaje de polietileno.....	40
1.12.1.	Diagrama de flujo de operaciones .....	40
1.13.	Eficiencias por máquina en el área de extrusión y coextrusión.....	43
1.14.	Índice actual de desperdicio .....	45
1.15.	Descripción de costos en el área de extrusión y coextrusión...	47
2.	PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE COEXTRUSIÓN DE POLIETILENO .....	49
2.1.	Proceso de coextrusión de polietileno .....	49

2.1.1.	Procedimiento de operación.....	49
2.1.1.1.	Diagrama de flujo de operaciones propuesto .....	49
2.1.1.2.	Propuesta para la preparación y arranque de la maquinaria.....	52
2.1.1.3.	Metodología de limpieza propuesta.....	54
2.1.1.4.	Mantenimiento preventivo .....	56
2.2.	Formatos para la estandarización del proceso.....	64
2.2.1.	Orden de elaboración y especificación del producto.....	65
2.2.2.	Reporte de producción.....	66
2.2.3.	Lista de control de procesos de producción .....	67
2.2.4.	Registro para la inspección de orden y limpieza .....	68
2.3.	Utilización de resinas recicladas en el proceso de coextrusión de polietileno .....	70
2.3.1.	Pruebas de coextrusión .....	70
2.3.1.1.	Análisis de las pruebas .....	70
2.3.1.1.1.	Sustratos normales .....	71
2.3.1.1.2.	Sustratos termo encogibles.....	74
2.4.	Readecuación de la formulación de la mezcla de resinas para la coextrusión de nuevos productos.....	81
2.4.1.	Sustratos normales .....	81
2.4.2.	Sustratos termo encogibles.....	82
2.5.	Indicadores productivos .....	83
2.5.1.	Cálculo de la eficiencia .....	83
2.5.2.	Ratio de calidad .....	84
2.6.	Aprovechamiento de resinas de polietileno.....	85

3.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS RESINAS DE POLIETILENO Y LA ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN.....	87
3.1.	Diseño de la estructura para aplicar la propuesta.....	87
3.1.1.	Estructura organizacional .....	87
3.1.2.	Descripción de puestos .....	88
3.1.2.1.	Perfil de puestos .....	90
3.1.3.	Descripción de responsabilidades .....	93
3.2.	Publicación e implementación de los cambios realizados al instructivo del procedimiento .....	97
3.3.	Publicación e implementación de los formatos para la estandarización del proceso.....	98
3.4.	Entidades responsables .....	99
3.4.1.	Gerencia.....	99
3.4.2.	Producción .....	100
3.5.	Capacitación de los involucrados .....	101
3.5.1.	Personal de nuevo ingreso .....	101
3.5.1.1.	Personal operativo.....	101
3.5.1.1.1.	Por método de aprendices .....	101
3.5.1.1.2.	Capacitación en el puesto.....	102
3.5.1.2.	Personal no operativo .....	103
3.5.1.2.1.	Visitas técnicas a la planta de empaque flexible .....	103
3.5.1.2.2.	Entrenamiento ( <i>Coaching</i> ).....	104
3.5.2.	Actualización del personal .....	104

	3.5.2.1.	Capacitación en el puesto .....	104
	3.5.2.2.	Métodos audiovisuales .....	105
4.		SEGUIMIENTO DE LA MEJORA CONTINUA PARA EL PROCESO DE COEXTRUSIÓN DE POLIETILENO .....	107
4.1.		Evaluación del personal contratado .....	107
	4.1.1.	Propuesta de desarrollo .....	107
		4.1.1.1. Por escalas de puntuación .....	107
		4.1.1.2. Método de selección forzada.....	109
4.2.		Auditorías de calidad .....	110
	4.2.1.	Planeación de la auditoría.....	110
		4.2.1.1. Programa trimestral de auditorías .....	111
		4.2.1.2. Selección del equipo auditor .....	111
		4.2.1.3. Definir alcance de la auditoría .....	113
		4.2.1.4. Preparación de la auditoría .....	113
		4.2.1.5. Actividades para la auditoría .....	114
	4.2.2.	Desarrollo de la auditoría .....	116
	4.2.3.	Indicadores .....	117
		4.2.3.1. Productividad de mano de obra.....	118
		4.2.3.2. Nivel de desperdicio .....	119
		4.2.3.3. Eficiencia general de los equipos .....	119
	4.2.4.	Finalización de la auditoría .....	121
4.3.		Retroalimentación del personal.....	122
	4.3.1.	Métodos audiovisuales.....	122
	4.3.2.	Reuniones semanales.....	123
		CONCLUSIONES .....	125
		RECOMENDACIONES.....	127
		BIBLIOGRAFÍA.....	129





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Diagrama organizacional actual de producción .....	5
2.	Esquema de las partes de una máquina extrusora.....	12
3.	Representación de la distribución de la planta de empaque flexible.....	13
4.	Representación gráfica del proceso de coextrusión .....	22
5.	Diagrama de operaciones del proceso de coextrusión .....	30
6.	Diagrama de flujo de operaciones del proceso de coextrusión.....	32
7.	Representación gráfica de causa-efecto .....	34
8.	Diagrama de Pareto para las causas asociadas a inconformidades.....	38
9.	Reciclaje de polietileno.....	41
10.	Gráfico de control para la eficiencia muestral .....	45
11.	Diagrama de flujo de operaciones propuesto .....	50
12.	Sistema de mantenimiento preventivo.....	58
13.	Orden de trabajo para mantenimiento .....	64
14.	Orden de elaboración y especificación del producto .....	65
15.	Reporte de producción .....	66
16.	Lista de control del proceso de coextrusión.....	67
17.	Registro para la inspección de orden y limpieza .....	68
18.	Diagrama organizacional propuesto .....	88
19.	Formato para la evaluación por escalas de puntuación.....	108
20.	Formato para la evaluación por selección forzada .....	109

## TABLAS

I.	Causas asignables a la inconformidad.....	36
II.	Frecuencia y porcentaje de las causas .....	37
III.	Porcentaje de eficiencia actual .....	43
IV.	Medias y rangos de las eficiencias muestrales .....	44
V.	Índice actual de desperdicio .....	46
VI.	Programa de actividades para el mantenimiento preventivo de una máquina coextrusora .....	59

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetro
<b>COF</b>	Coeficiente de fricción
<b>dinas /cm</b>	Dinas por centímetro
<b>\$</b>	Dólar estadounidense
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>g/cm<sup>3</sup></b>	Gramo por centímetro cubico
<b>ID</b>	Índice de desperdicio
<b><math>\bar{ID}</math></b>	Índice de desperdicio promedio
<b>IP</b>	Índice de productividad
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kg/h</b>	Kilogramo por hora
<b>LCC</b>	Límite de control central
<b>LCI</b>	Límite de control inferior
<b>LCS</b>	Límite de control superior
<b>MO</b>	Mano de obra
<b>m</b>	Metro
<b>OP</b>	Orden de producción
<b>PEAD</b>	Polietileno de alta densidad
<b>PEBD</b>	Polietileno de baja densidad
<b>PELBD</b>	Polietileno lineal de baja densidad
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>BOPP</b>	Polipropileno biorientado
<b>CPP</b>	Polipropileno cast

%

Porcentaje

**PET**

Tereftalato de polietileno

## GLOSARIO

<b>Carcasa</b>	Construcción exterior de los motores o de algún sistema mecánico.
<b>Chiller</b>	Máquina frigorífica cuyo objetivo es enfriar un medio líquido, generalmente agua.
<b>Coach</b>	Entrenador.
<b>Coaching</b>	Es un método que consiste en acompañar, instruir o entrenar a una persona con el objetivo de conseguir el cumplimiento de metas o desarrollar habilidades específicas.
<b>Core</b>	Cilindro de cartón de diferentes calibres sobre el cual se enrolla la película de polietileno para formar una bobina.
<b>Know-how</b>	Conjunto de conocimientos técnicos y administrativos imprescindibles para realizar un proceso.
<b>Margarine wrap</b>	Envoltura para margarina.
<b>Pirómetro</b>	Instrumento utilizado para graduar y medir las temperaturas elevadas de las resistencias.

<b><i>Sandwich wrap</i></b>	Envoltura para emparedado.
<b><i>Snacks</i></b>	Frituras, aperitivos o algún tipo de alimento en paquete.
<b><i>Solventless</i></b>	Que no utiliza solventes.
<b><i>Stand up pouch</i></b>	Bolsas parables.
<b>Tratado corona</b>	Es un proceso mediante el cual se aumenta la energía de la superficie de las películas plásticas a fin de facilitar la adhesión de la tinta.

## RESUMEN

Esta investigación aborda la estandarización del proceso productivo en el área de extrusión y coextrusión de polietileno y de la optimización de las resinas plásticas utilizadas en dicho proceso para reducir el índice de desperdicio y evitar que ese plástico afecte al medio ambiente.

Se analizaron los factores internos y externos que afectan la calidad del sustrato final de polietileno. De esta forma se identificaron anomalías o deficiencias dentro del proceso productivo. También se estandarizaron metodologías de trabajo, como arranque, operación y limpieza de la maquinaria. Además, se elaboró un plan de mantenimiento preventivo donde se establecen las actividades y la periodicidad con la que se deben llevar a cabo para mantener en óptimas condiciones las máquinas extrusoras y coextrusoras. Se actualizó el instructivo del procedimiento para que el personal involucrado disponga de una fuente de consulta cuando surjan dudas durante la producción. A su vez, se crearon formularios para el control del proceso.

El objetivo más relevante fue el aprovechamiento de las resinas plásticas recicladas mediante su adecuación en la formulación de nuevos productos por coextruir. Esto se llevó a cabo con la realización y análisis de pruebas de coextrusión en lienzos de polietileno normales y termo encogibles, se estableció un porcentaje de reciclaje máximo y se readecuó en las órdenes de trabajo que así lo permitan.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Optimizar el uso de las resinas y los recursos asociados al proceso de coextrusión de polietileno en una línea de producción de empaque flexible.

### **Específicos**

1. Identificar deficiencias dentro del proceso de coextrusión para la mejora del proceso productivo utilizando herramientas de ingeniería.
2. Determinar el índice de desperdicio en el área de coextrusión generado por fallas dentro del proceso o incumplimiento de las variables críticas de calidad.
3. Establecer que factores internos o externos al proceso de coextrusión de polietileno influyen en la calidad del sustrato final.
4. Evaluar cómo influye el uso de resinas recicladas en las pruebas de calidad de los sustratos de polietileno para cumplir con las especificaciones de calidad.
5. Determinar el porcentaje máximo de resinas recicladas a utilizar en la coextrusión de polietileno para la reducción de desperdicio.

6. Describir cómo afecta el uso de resinas recicladas el costo del proceso de coextrusión.
7. Estandarizar las metodologías de trabajo utilizadas en el proceso de coextrusión de polietileno para evitar costos de reproceso.

## INTRODUCCIÓN

El futuro de los empaques flexibles plásticos es prometedor ya que constantemente se mejoran las técnicas de producción para aprovechar mejor los recursos. Además, su uso y versatilidad va en aumento sustituyendo casi por completo a empaques utilizados con anterioridad, como bolsas de papel o cajas de cartón.

Este trabajo de graduación consta de cuatro capítulos. El primero contiene una breve historia de las empresas productoras de empaque flexible, su filosofía y aspectos importantes de las plantas dedicadas a la producción de empaque, también se describe la situación actual de una empresa tomada de referencia detallando el manejo y utilización de los recursos en el área de extrusión y coextrusión de polietileno para identificar deficiencias dentro del proceso.

El segundo capítulo presenta una propuesta para el aprovechamiento de las resinas de polietileno mediante la readecuación de resinas recicladas en la coextrusión de nuevos productos, asimismo, se proponen metodologías de trabajo estandarizadas y la creación e implementación de formularios de control.

En el tercer capítulo se describe el diseño estructural necesario para implementar la propuesta de mejora y se explica el método de capacitación designado para cada área involucrada en el proceso productivo. Finalmente, en el último capítulo se establece un programa de auditorías internas de calidad para monitorear que se cumpla con los cambios realizados.



# **1. ANTECEDENTES DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE EMPAQUE FLEXIBLE Y SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN DE POLIETILENO**

## **1.1. Historia de las empresas de empaque flexible**

Las empresas de empaque flexible surgieron en el territorio guatemalteco cuando un grupo de empresarios detectó la necesidad de proveer soluciones novedosas de empaque y embalaje a diversos sectores de la industria, instalando plantas de inyección de plásticos a lo largo de la región centroamericana.

En los primeros años de producción la mayoría de las empresas de empaque flexible contaban únicamente con extrusoras mono capa, impresoras a 4 colores y convertidoras. Sin embargo, con el aumento de la demanda y la competencia en el mercado de empaques, las empresas se vieron en la necesidad de reestructurarse y de ampliar sus naves industriales.

Con esta ampliación se adquirió nueva maquinaria que constaba básicamente de coextrusoras de 3 capas, impresoras flexográficas de tambor central a 6 y 8 colores, laminadoras *solventless*, cortadoras y convertidoras adicionales. A su vez, las empresas desarrollaron el departamento de pre prensa ofreciendo un servicio de arte y diseño por computador ampliando notablemente el portafolio de productos e incursionando en los mercados más exigentes de empaque flexible.

Durante más de 40 años empresas, como SigmaQ, Central de Empaques, S.A. y Polímeros y tecnología, S.A. han trabajado en la investigación y desarrollo de soluciones innovadoras de empaque que cumplan con las necesidades de los clientes. Asimismo, han buscado alianzas con socios internacionales, como Sun Chemical y se han dedicado a formar nuevas empresas con socios locales con el objetivo de agregar valor a la marca de los clientes.

Con la formación de estos nuevos grupos industriales las empresas aumentaron su capacidad de producción generando más beneficios, alcanzaron niveles de exportación que cubren a toda Centroamérica, México, el Caribe y Estados Unidos de América. También crearon oficinas comerciales en Perú y República Dominicana para mantener contacto con los clientes de países cercanos.

## **1.2. Política de calidad**

La política de calidad de las empresas de empaque flexible deberá buscar la mejora continua y la excelencia en el negocio de empaques, utilizando sistemas eficaces de gestión de calidad, inocuidad, salud y seguridad ocupacional, con recurso humano altamente competente para obtener la confianza y la satisfacción de los clientes y las partes involucradas mediante una comunicación efectiva que facilite el cumplimiento de los compromisos acordados respetando el marco legal correspondiente.

Para ser competitivas en el mercado nacional e internacional las empresas deberán apoyarse en el ingenio de varios colaboradores comprometidos y enfocados en agregar valor a las marcas de los clientes, dando como resultado la obtención de certificaciones, reconocimientos y liderazgo en el mercado.

Asimismo, las políticas de calidad deberán orientarse a satisfacer las necesidades actuales sin comprometer a generaciones futuras utilizando los recursos eficientemente. Deberán garantizar, asimismo un menor impacto ambiental, enfocándose en estrategias ambientales, como la regla de las 3R's que pretende la conservación del medio ambiente mediante la minimización de residuos y la reducción en el consumo de materias primas y energía.

### **1.3. Planeación estratégica**

Se presenta información importante que las empresas de empaque flexible deben manejar para el buen funcionamiento y el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

#### **1.3.1. Misión**

Proveer soluciones de empaque mediante tecnología de punta y la colaboración de un equipo humano competente y comprometido, generando beneficios para los clientes, inversionistas y colaboradores manteniendo un compromiso con el medio ambiente.

#### **1.3.2. Visión**

Ser el proveedor de empaques más confiable e innovador teniendo una participación dominante en el mercado nacional e internacional.

#### **1.3.3. Propósito**

Agregar valor a las marcas de los clientes brindando soluciones de empaque confiables, innovadoras y amigables con el medio ambiente.

#### **1.3.4. Valores**

Para que las empresas logren posicionarse en el mercado y sean competitivas deben basar sus estrategias y decisiones en criterios responsables que beneficien a los clientes.

Se presentan pilares que deben guiar las acciones y el comportamiento de los colaboradores y de todos los involucrados en el proceso productivo.

- Compromiso. Entregar cada día el máximo esfuerzo y dedicación en el cumplimiento de las tareas.
- Confianza. Responder positivamente a las expectativas de los clientes cumpliendo con el compromiso establecido.
- Integridad. Cumplir lo acordado con los clientes sosteniendo una postura firme, procurando el bienestar de las partes involucradas.
- Responsabilidad social. Crear y mantener un compromiso continuo con la sociedad y el medio ambiente contribuyendo a su mejora.



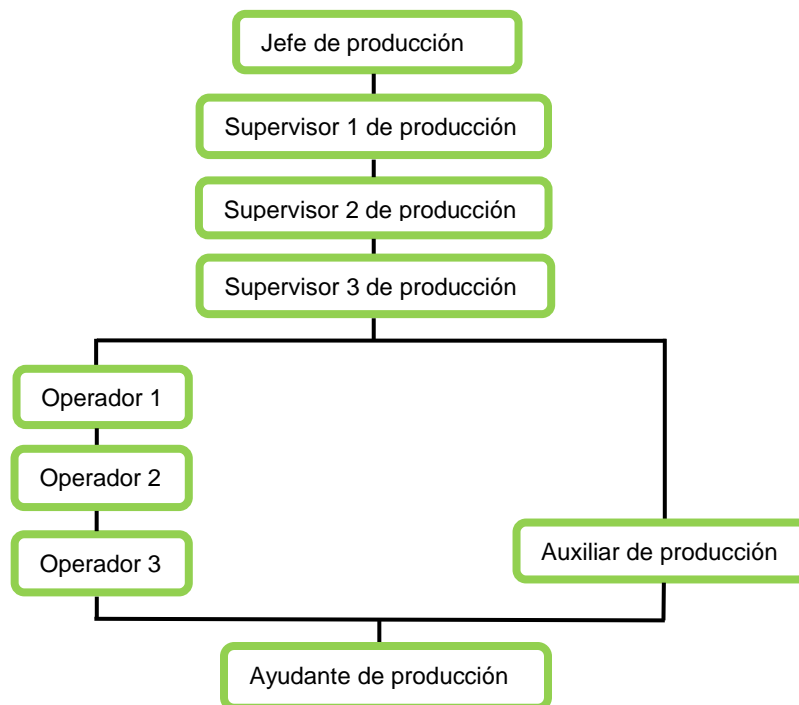
## 1.4. Condiciones generales de la planta de empaque flexible

Se describen las condiciones y aspectos importantes de una planta de empaque flexible.

### 1.4.1. Organigrama de la planta

Representación gráfica de los puestos del esquema organizacional de la planta de empaque flexible de material no absorbente.

Figura 1. Diagrama organizacional actual de producción



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

#### **1.4.2. Tipo de producción**

La empresa se dedica a la producción de empaque flexible y material de embalaje para varios sectores de la industria. Sin embargo, la planta de empaque flexible de material no absorbente orienta su producción exclusivamente a la industria alimenticia y maneja un tipo de producción orientada al proceso basándose en órdenes de producción, de acuerdo con las especificaciones de cada cliente en específico y únicamente la cantidad o peso que se solicitó en la orden de trabajo.

En cada orden de producción se maneja una formulación distinta, es decir, una mezcla de resinas que puede incluir sellantes o aditivos para brindar al empaque propiedades y características particulares, destinadas a proteger el producto final, por ejemplo barrera contra la humedad, barrera contra el oxígeno, barrera contra el sabor y olor, alta resistencia al rasgado y a la punción entre otras.

Asimismo, las medidas del producto, el diseño del empaque y los colores a utilizar varían según especificaciones del cliente.

#### **1.4.3. Productos**

La planta de empaque flexible se dedica específicamente a producir empaques y material de embalaje para la industria de alimentos y bebidas. Cuenta con una variedad de productos que poseen características específicas para proteger el producto final y así mantener la calidad de origen.

Los productos de la planta de empaque flexible son los siguientes:

- Etiquetas: se presentan en bobina cuyo diámetro o peso es especificado por el cliente. Esta bobina es formada por películas de polipropileno laminadas. Las etiquetas se fijan al envase utilizando adhesivo evitando la impresión directa sobre este.
- *Sándwich wrap y margarine wrap*: son lienzos de papel resistentes a la grasa cuyo diseño es grabado mediante impresión flexográfica y sus medidas son determinadas en la orden de producción.
- Mangas: son fundas termo encogibles fabricadas a partir de una película plástica que se adaptan al contorno del envase sin necesidad de adhesivos y generalmente se presentan en rollo.
- Empaque para *snacks*: es un empaque laminado que se forma con la unión de diferentes lienzos de resinas plásticas cuyo diseño es grabado utilizando impresión flexográfica. Las medidas del empaque varían según especificaciones del cliente.
- Empaque tipo *stand up pouch*: este empaque representa un menor costo de producción en comparación con el empaque rígido además de facilitar el transporte y almacenaje del producto.

Son bolsas con sellos laterales planos y fuelle inferior que le brinda mayor capacidad, constan de gran fuerza de sellado, alta resistencia y son ideales para productos que requieren gran hermeticidad. El empaque tipo *stand up pouch* puede variar según el modelo y las medidas especificadas en la orden de producción.

- Material termo encogible: se presentan en forma de bobinas destinadas a la protección final del producto, pueden llevar diseños grabados mediante impresión flexográfica.

## **1.5. Descripción del producto**

Se presenta la información proporcionada por una empresa tomada de referencia dedicada a la producción de empaque flexible. Específicamente, se tomó como referencia el proceso de extrusión y coextrusión de polietileno.

En el proceso de extrusión y coextrusión de película tubular se obtienen lienzos de polietileno que son utilizados en gran variedad de productos, desde películas mono capa termo encogibles utilizadas como material de embalaje, hasta estructuras multicapas que son empleadas en la producción de empaques para alimentos.

Los lienzos de polietileno multicapa se obtienen mediante el proceso de coextrusión utilizando la formulación de una mezcla de resinas plásticas diseñada específicamente para cumplir con las propiedades que el cliente desea para que el empaque sea funcional. Los lienzos coextruidos presentan mayor flexibilidad, incremento en las propiedades mecánicas, incremento en las propiedades barrera y un mejor desempeño en la procesabilidad del empaque.

Mediante los procesos de extrusión y coextrusión se pueden obtener lienzos cuyo espesor se encuentra aproximadamente entre 10 y 250 micras. En ocasiones el espesor del lienzo de polietileno puede representar una no conformidad al presentar diferente espesor en el centro y en el borde del mismo, asimismo, pueden presentar defectos relacionados al aspecto del lienzo, como escama de pescado, opacidad, grumos y pigmentación no

uniforme. También pueden presentar tratamiento corona débil o cambios en el calibre del material a lo largo de la bobina.

## **1.6. Descripción del equipo**

Se describe la maquinaria y equipo necesario para producir lienzos de polietileno mediante los procesos de extrusión y coextrusión, también se describe la metodología de limpieza actual para el funcionamiento de la maquinaria.

### **1.6.1. Maquinaria**

La planta de empaque flexible cuenta con dos extrusoras y dos coextrusoras de polietileno para la producción de empaques y material de embalaje para la industria de alimentos y bebidas.

Las coextrusoras que se utilizan dentro del primer proceso de la línea de producción de empaque flexible están formadas por equipamientos, como medidor de espesor de la burbuja de polietileno en tiempo real, sistema de enfriamiento interno de burbuja, anillo de aire con auto regulador de espesor y dosificadores gravimétricos. Estos equipamientos están conectados a un panel central de pantalla táctil que permite la verificación de las condiciones bajo las cuales se está produciendo. Asimismo, permite que el operario ejerza control sobre la maquinaria y las condiciones del proceso logrando la producción de lienzos de polietileno con una tolerancia máxima relacionada al espesor de  $\pm 5\%$ .

Tanto para las extrusoras y coextrusoras el sistema de enfriamiento es fundamental para controlar con precisión la temperatura del aire utilizado en el

proceso. Este sistema de enfriamiento también llamado *chiller* está conectado a la maquinaria mediante conexión hidráulica manteniendo constante la temperatura del agua en circulación. Por otro lado, la correcta refrigeración del sistema permite que la capacidad de producción de la maquinaria en kg/h aumente proporcionalmente a la disminución de la temperatura.

Otro elemento importante son los rodillos de tiraje llamados calandra ya que una vez el lienzo de polietileno es enfriado, pasa a través de placas guías y es aplastado entre los rodillos de tiraje produciendo una presión de cierre uniforme que, en definitiva, determinará el calibre del lienzo, entre los rodillos de arrastre y los rodillos de enrollado se disponen los sistemas de tratamiento y la eliminación de cargas estáticas.

Además de los equipamientos avanzados, las extrusoras y coextrusoras están formadas por:

- Motor: es el encargado de suministrar la energía necesaria para producir, los motores incorporados en las líneas de extrusión y coextrusión de plásticos son eléctricos y operan con voltajes de 220 y 440 V.
- Tolva: es el depósito que almacena la resina plástica en forma de *pellet* para la alimentación continua del extrusor. El material dentro de la tolva debe ser suficiente para evitar que se interrumpa el paso fluido de resina, el diseño del depósito para ser funcional debe poseer un ángulo de bajada que evite estancamientos de material debidos a la fricción causando paros en la producción.
- Cañón: es un cilindro metálico cuya función es proteger al husillo o tornillo, conjuntamente con el husillo forman la cámara de bombeo y

fusión de la máquina extrusora. La temperatura a través del cañón es programada desde una pantalla central en función del material a fundir y para evitar cambios en la temperatura a lo largo del cañón, el cuerpo del mismo debe cubrirse con un material de baja conductividad térmica, un ejemplo del material a utilizar sería el fieltro o fibra de vidrio.

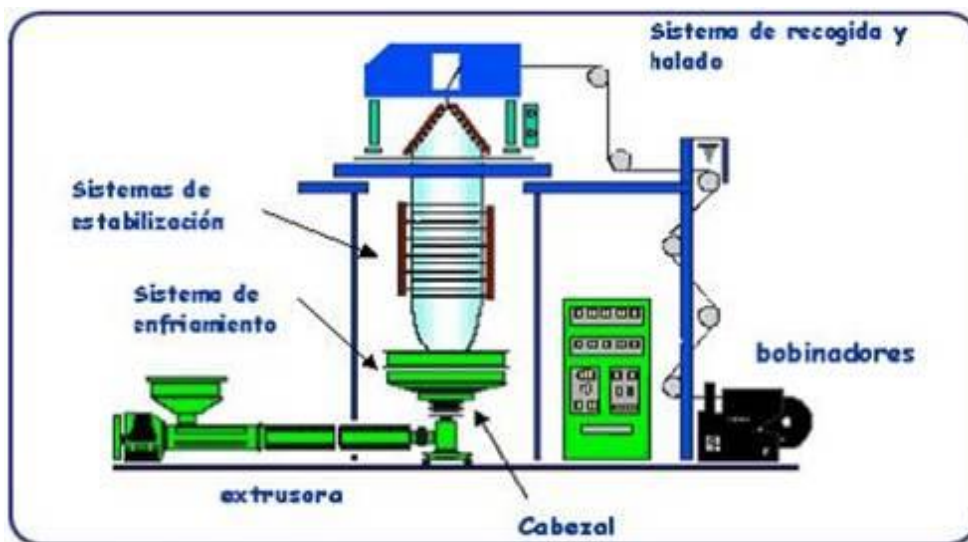
- Tornillo o husillo: es un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal y representa una de las partes más importantes de una máquina extrusora. Su función es la de transportar, calentar, fundir y mezclar el material proveniente de la tolva o tolvas en el caso de coextrusión de polímeros.
- Cabezal: la función del cabezal es dar al polímero fundido la forma de un tubo de pared delgada de espesor constante a lo largo de su circunferencia que posteriormente se transformará en un lienzo por la acción de una expansión transversal y longitudinal.
- Plato rompedor y filtros: el plato rompedor es un disco delgado de metal con agujeros que brinda soporte a los filtros, los filtros son pequeñas mallas encargadas de retener cualquier impureza evitando que esta llegue a la boquilla donde sale la mezcla de resinas homogenizada ocasionando defectos por aspecto en el lienzo de polietileno.
- Boquilla: para película soplada las máquinas extrusoras están equipadas con una boquilla anular dirigida hacia arriba. Por el interior de la boquilla se inyecta aire que queda contenido en el interior del material extruido formando una burbuja que al enfriarse y pasar a través de la calandra formará el lienzo de polietileno.

Nota: el cociente entre el diámetro de la burbuja y el diámetro de la boquilla está en un intervalo de 2,0 a 2,5.

- Embobinador: el sistema de embobinado está formado por un cilindro de acero y uno de caucho por donde pasa el sustrato de polietileno antes de ser enrollado por el núcleo o tubo final ajustado en un eje de acero desmontable. El tubo final, generalmente, es de cartón duro y varía de dimensiones según la orden de producción.

El movimiento de estos rodillos es proporcionado por un motor de torque utilizando una caja reductora para reducir las revoluciones del motor.

Figura 2. **Esquema de las partes de una máquina extrusora**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos79/pelicula-tubular/pelicula-tubular.shtml>

Consulta: 26 de agosto 2015.

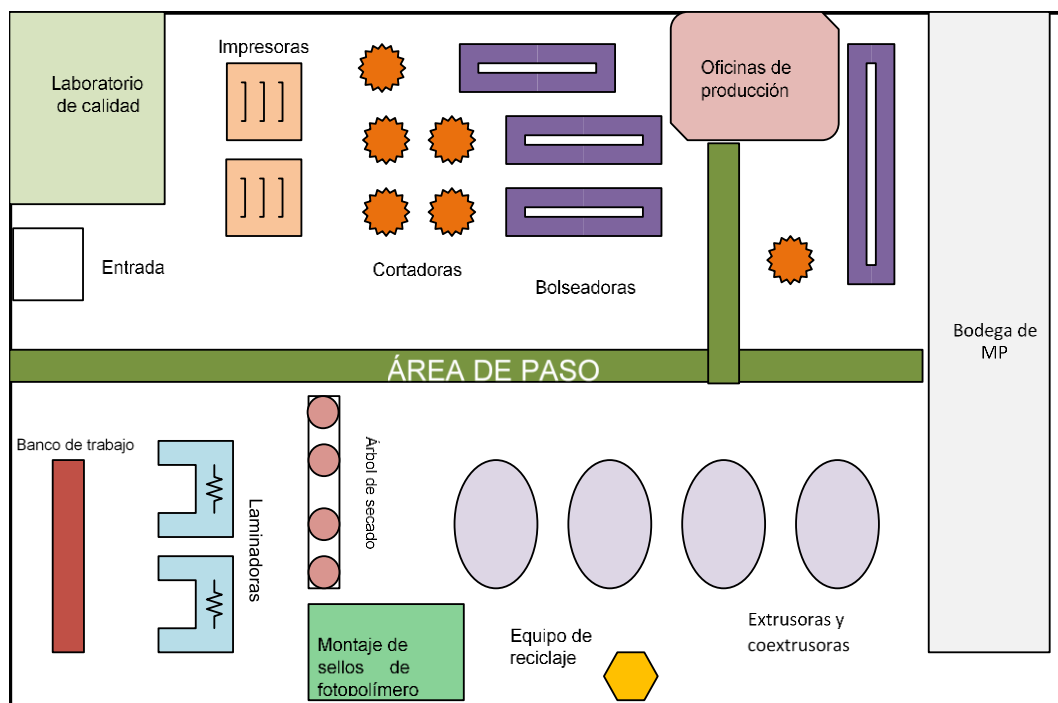


### 1.6.1.1. Distribución de maquinaria

La empresa de empaque flexible maneja una distribución de maquinaria orientada al proceso ya que todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas, esta distribución facilita que el producto final de cada proceso llegue al siguiente sin interrupciones ni atrasos.

A continuación, se muestra una representación gráfica de los espacios utilizados para la producción de empaque flexible.

Figura 3. **Representación de la distribución de la planta de empaque flexible**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### **1.6.1.2. Limpieza de la maquinaria**

La limpieza de la maquinaria correspondiente al proceso de extrusión y coextrusión de polietileno se detalla a continuación.

- La limpieza de los moldes la realiza solo personal autorizado y validado para esta tarea. Las limpiezas correspondientes al cabezal y a los tornillos se realizan cada tres años o cinco años dependiendo el cuidado que se haya tenido durante los cambios y paros durante la producción en este periodo de tiempo.
- Con el propósito de brindar un producto inocuo la limpieza de las máquinas se realiza cada lunes al inicio de turno. Esta limpieza tiene duración de dos horas y está a cargo del operador de la máquina apoyado por el auxiliar asignado al proceso.

Las piezas a limpiar son las siguientes: la parte superior de la máquina, tratadores, mangas, rodillos y recipientes de resinas. También se deben limpiar las mesas de trabajo y los rodillos embobinadores con *wypall* y etanol.

- La limpieza de los equipos extrusores y coextrusores se realiza de arriba hacia abajo verificando que la máquina esté apagada.

Se utiliza una manguera de aire comprimido para botar el polvo de la estructura de las máquinas, previamente se protege la materia prima que este próxima al lugar de limpieza para mantener la inocuidad de las resinas.

- La salida del material es limpiada con espátula de cobre procurando eliminar los residuos.
- Los paneles eléctricos son limpiados con espuma y *wypall*.
- Los utensilios de limpieza son lavados una vez a la semana en el área de lavandería asignada.

### **1.6.2. Herramientas**

En el proceso de extrusión y coextrusión se utilizan espátulas de cobre, mangueras de aire comprimido conjuntamente con espuma, *wypall* y etanol para librar de contaminantes la maquinaria y el área de trabajo.

Al realizar las pruebas de calidad a los lienzos de polietileno también se utilizan herramientas, como un cuadrado de 10 cm x 10 cm de acero inoxidable, micrómetro, cuchilla, cinta métrica, marcadores verificadores con distintos valores de dinaje para comprobar la aplicación del tratamiento corona a lo ancho del lienzo y por último se utiliza una balanza digital para verificar el peso de la bobina madre y el gramaje.

### **1.6.3. Equipo de protección personal**

La participación humana dentro del proceso de coextrusión de polietileno es reducida al mínimo permitiendo que dos operarios se encarguen de cada máquina extrusora y coextrusora.

Los operarios utilizan zapatos industriales con punta de acero y cinturón de fuerza durante toda la jornada laboral. Cuando se realiza el procedimiento de

limpieza los encargados de la tarea utilizan guantes para evitar heridas que perjudiquen la inocuidad de los lienzos.

Los encargados de llevar la materia prima mediante montacargas a los recipientes correspondientes para su procesamiento utilizan casco de seguridad debido al riesgo existente en bodega. Asimismo, toda persona que ingrese a la planta de empaque flexible debe utilizar tapones para proteger el sistema auditivo y redecilla para evitar contaminantes en los empaques a producir.

### **1.7. Materia prima utilizada en la producción de empaque flexible**

En la planta de empaque flexible para la producción de empaque se utiliza material no absorbente a excepción del papel.

Los lienzos utilizados están hechos de los siguientes materiales:

- Polipropileno (PP): es un termoplástico subproducto gaseoso de la refinación del petróleo que se desarrolla en presencia de un catalizador bajo condiciones controladas de temperatura y presión.

Este material presenta una gran versatilidad, barrera al vapor de agua y óptima relación beneficio/ costo. También permite una buena procesabilidad, lo que implica el requerimiento de una menor cantidad de materia prima para obtener un producto terminado.

- Polipropileno cast (CPP): este termoplástico presenta excelentes propiedades como alta resistencia a la punción, brillo, barrera a los aromas y facilita el proceso de sellado. Las estructuras más típicas del polipropileno cast son en complejos con BOPP y PET.

- **Poliéster:** el poliéster termoplástico más conocido es el PET. Los lienzos de poliéster son ideales para la producción de empaque gracias a que son muy resistentes a la humedad, a las fuerzas mecánicas y a los procesos químicos.

También se utiliza poliéster metalizado con tratamiento acrílico especialmente indicado para el proceso de laminación con o sin impresión.

- **Aluminio:** el aluminio en la producción de empaque flexible se utiliza para que el material absorba la humedad del aire y retrasar el deterioro del producto. Sin embargo el aluminio no ofrece protección mecánica.
- **Papel:** el papel pergamino vegetal ofrece resistencia a los aceites, a la grasa y a la humedad lo que lo hace apropiado para el contacto con alimentos.
- **Nylon:** se utiliza en el proceso de laminación ya que es un lienzo plástico de alta resistencia mecánica y barrera a los gases. Su propósito, dentro de la estructura del empaque, es brindar resistencia a la punción, al impacto, al estallido, barreras al oxígeno y al aroma.

#### **1.7.1. Materia prima utilizada en el proceso de coextrusión**

Para cumplir con los sistemas de gestión de calidad e inocuidad en el proceso de coextrusión se utilizan resinas plásticas de primera calidad para la elaboración de empaques flexibles y material de embalaje para la industria alimenticia.

Asimismo, al requerir el empaque final propiedades específicas es necesario agregar a la formulación de la película soplada. Estos aditivos facilitarán el procesamiento de las resinas y concederán al lienzo final las propiedades requeridas. Entre estos aditivos se pueden mencionar los siguientes:

- **Estabilizantes:** durante el procesamiento de las resinas plásticas actúan contra de la degradación térmica de las resinas involucradas en la formulación de la película soplada.
- **Pigmentos:** su objetivo es brindar color al lienzo final, el pigmento se debe mezclar muy bien con las resinas plásticas para dar un aspecto uniforme, además debe ser compatible con las resinas a utilizar.
- **Agentes de refuerzo:** este tipo de aditivo es muy útil ya que mejora notablemente las propiedades mecánicas de las resinas plásticas brindando a la película soplada principalmente una mejor flexibilidad y resistencia al impacto.
- **Agentes antibloqueo:** se utilizan para evitar un efecto llamado bloqueo. Este efecto es el resultado de la adhesión de dos películas plásticas lisas al entrar en contacto. Este tipo de aditivo también facilita el embobinado de la película plástica.

#### **1.7.1.1. Resinas vírgenes**

La materia prima representa un factor elemental en el cumplimiento de las especificaciones requeridas por el cliente. Las resinas vírgenes son resinas que

no han sido procesadas anteriormente y que presentan sus propiedades intactas.

En la coextrusión de productos la formulación de la mezcla de las diferentes capas debe ser compatible para evitar errores en la producción, las resinas utilizadas en forma de granza son:

- Polietileno de alta densidad : el PEAD se produce normalmente con un peso molecular que se encuentra en un intervalo de 200 000 y 500 000 pero puede ser mayor, tiene una densidad mayor o igual a  $0,941 \text{ g/cm}^3$  , posee fuertes fuerzas intermoleculares y alta resistencia a la tracción, además de ser un plástico que no libera toxinas.

Propiedades:

- Punto de fusión:  $135 \text{ }^\circ\text{C}$ , por lo que es resistente al agua en ebullición.
  - Su rango de temperatura de trabajo va desde  $-100 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta  $+120 \text{ }^\circ\text{C}$ .
  - Propiedades ópticas: opaco
  - Viscosidad: índice de fluidez menor de  $1\text{g}/10 \text{ min}$ , a  $190 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $16 \text{ kg}$  a tracción.
  - Más flexible que el polipropileno.
  - En presencia del oxígeno es menos estable.
- 
- Polietileno lineal de baja densidad: el PELBD tiene una densidad de  $0,915\text{-}0,925 \text{ g/cm}^3$ , posee una mayor resistencia a la tracción, al impacto y a la perforación que el PEBD. Se pueden procesar lienzos de menor espesor en comparación con el polietileno de baja densidad pero su procesamiento no es fácil.

- Polietileno de baja densidad (PEBD): tiene una densidad de 0,910-0,940 g/cm<sup>3</sup>, presenta una menor resistencia a la tracción y un aumento de la ductilidad.

Entre sus características están:

- Es de color lechoso y puede llegar a ser transparente según su espesor.
- Alta resistencia al impacto.
- Buena resistencia térmica y química.
- Buena procesabilidad.
- Presenta dificultades para imprimir o pegar sobre él.

#### **1.7.1.2. Resinas recicladas**

Dentro del proceso de extrusión y coextrusión de polietileno existe un proceso de reciclaje que permite transformar los lienzos no conformes en granza de polietileno para su aprovechamiento.

Dependiendo de la formulación de la mezcla se utiliza un máximo de 10% de material reciclado en las órdenes de producción que lo permitan.

### **1.8. Descripción de los procesos**

Se describen los procesos de coextrusión y reciclaje de polietileno para la obtención de lienzos de dicho material.



### **1.8.1. Proceso de coextrusión**

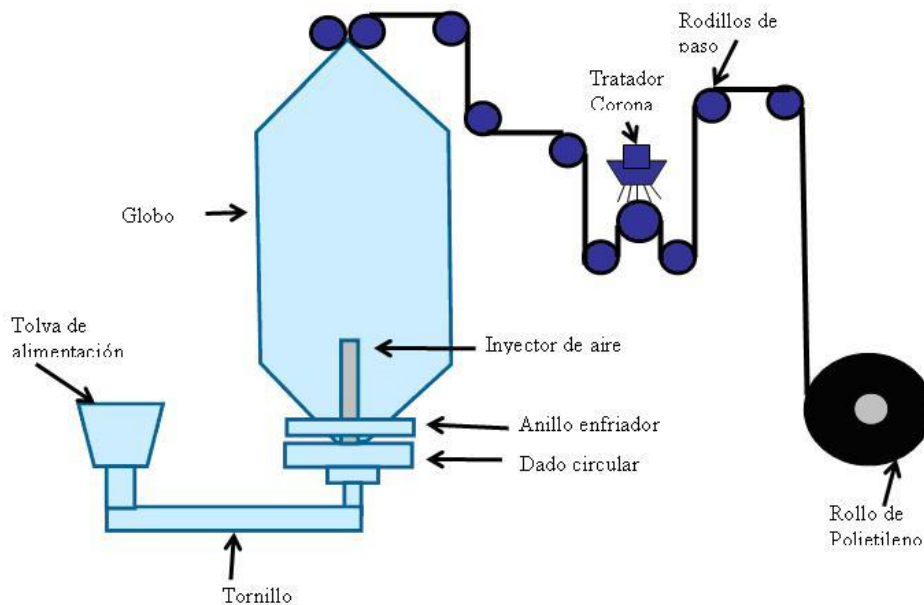
La coextrusión de películas tubulares se puede describir como el proceso mediante el cual se transforman las resinas en forma de grana a lienzos de distintos calibres según requerimientos del cliente.

En este proceso las resinas de polietileno son almacenadas en tolvas que posteriormente alimentarán una cámara de calefacción que, por medio de un tornillo sin fin, moverá el material de cada tolva a la sección de formado. Es decir bombeará el material plástico a través de un cabezal con una boquilla de salida que proporciona a las resinas fundidas homogéneamente la forma de un perfil, que a manera que sale de la boquilla es inflada por medio de aire introducido al cabezal, el cual permite la formación de una burbuja caliente que es enfriada por un flujo de aire a alta velocidad suministrado por el anillo de enfriamiento.

Mientras la burbuja se va formando se da una orientación axial debido al estiramiento de la película y una dirección transversal debido al soplado de la burbuja, es decir ocurre una orientación biaxial, también se mide el calibre a lo largo de la burbuja mediante el sistema de estabilización para garantizar que el calibre es el deseado.

Finalmente cuando la burbuja se ha enfriado se pasa a través de la calandra donde es aplastada para formar el lienzo, si el lienzo final sigue un proceso de laminación o impresión flexográfica se procede al tratamiento corona, el cual se aplica con base al plano mecánico adjuntado en la orden de producción, posterior al tratamiento se procede mediante el uso de rodillos a embobinar la película ya tratada.

Figura 4. **Representación gráfica del proceso de coextrusión**



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html> Consulta: 29 de agosto del 2015.

### 1.8.2. **Proceso de reciclaje de polietileno**

El proceso de reciclaje de resinas plásticas permite transformar en granza los lienzos de polietileno obtenidos mediante extrusión o coextrusión. Los lienzos embobinados alimentan la boquilla de la máquina de reciclaje la cual opera de mayor a menor temperatura según la composición de cada bobina para fundir los lienzos. En el interior de la máquina se encuentran unas cuchillas que giran y trituran el material, cuando el material ya está bien triturado por medio de un aspirador se dirige a una tolva que alimenta un husillo, permitiendo la transformación del polietileno en granza.

Luego, el polietileno en forma de granza se recibe en toneles y, posteriormente, se almacena para utilizarse en nuevas órdenes de producción que posean la misma composición.

#### **1.8.2.1. Clasificación del material a reciclar**

Se describen los pasos para clasificar el material extruido y coextruido que por incumplimiento de alguna especificación es señalado como no conforme.

- Se identifica el polietileno destinado a reproceso con número de orden de producción, mezcla, porcentajes utilizados en la formulación, fecha de extrusión o coextrusión y turno. Esta información es colocada mediante una etiqueta autoadhesiva sobre la bolsa de recolección o la bobina.
- El material es colocado en el área de reproceso dividiéndolo en monocapa y coextruido, los diferentes tipos de lienzos no se pueden mezclar en el proceso de reciclaje.
- Los materiales que contengan arriba del 10 % de Elvax en el 100 % de la mezcla no serán reciclados.
- En una mezcla virgen no se puede utilizar arriba del 10 % de material reciclado y se debe seguir el procedimiento indicado por el departamento de planificación.
- El material reciclado se puede usar únicamente en lienzos sin impresión u otros lienzos coextruidos que proceden a laminación.

## **1.9. Variables críticas del proceso de coextrusión**

Los lienzos de polietileno, para que sean considerados un producto de calidad, deben cumplir con ciertas variables especificadas en la hoja de planificación.

A continuación, se describen los aspectos que se evalúan para que un lienzo de polietileno prosiga a los procesos de impresión flexográfica o laminación según lo requiera el producto final solicitado por el cliente.

- Tratamiento corona: este tratamiento es aplicado a los lienzos de polietileno que posteriormente deben ser impresos o laminados para que las tintas o adhesivos se adhieran a la superficie fácilmente y no produzcan defectos en el empaque.
- Ancho de la bobina: mediante la hoja de planificación se verifica qué ancho deberá tener la bobina de polietileno. Posteriormente, mediante el plano mecánico se corroboran las medidas donde debe aplicarse el tratamiento corona y se ajustan los tratadores para que realicen el micro perforado de acuerdo a las medidas del plano.

El ancho se mide con cinta métrica y se permite una tolerancia del 10 % de lo especificado en la hoja de planificación.

- Encendido y ajuste del tratador: el operador o el auxiliar ajustan el amperaje y la velocidad del tratado tomando en cuenta el ancho y el espesor del lienzo para que el tratado no sobrepase las 40 dinas/ cm.

- Calibre: se mide utilizando micrómetro permitiendo una tolerancia del 10 %.

En lienzos termo encogibles es indispensable que se realice la medición a lo ancho de toda bobina y no se permite una tolerancia mayor al 5 % de lo especificado en la hoja de planificación.

- Apariencia del lienzo de polietileno: el lienzo es revisado para identificar geles, estrías, opacidad, arrugas, entre otros.
- Gramaje: indica el peso en gramos por metro cuadrado del lienzo.
- Coeficiente de fricción: es un parámetro que indica la resistencia que pone la superficie de un material ante el deslizamiento constante.

Existen dos tipos de coeficientes de fricción presentes en el material:

- Coeficiente de fricción estático: indica la resistencia que pone el material para iniciar el movimiento.
- Coeficiente de fricción dinámico: indica la resistencia que pone el material para mantener el movimiento a velocidad constante.

A causa de un coeficiente de fricción muy alto se presentan defectos en el procesamiento, como:

- Rayas y marcas superficiales a lo largo del lienzo que afectan especialmente el brillo del mismo.
- Deformación y adelgazamiento de la película ocasionando defectos en la impresión.

- Ruptura del lienzo de polietileno.

Para evitar defectos en el procesamiento de la película soplada se incorporan agentes deslizantes a la mezcla de coextrusión permitiendo reducir el valor del coeficiente de fricción de 0,8 - 0,7 a 0,1. Este parámetro es de suma importancia ya que se fabrican empaques que son llenados mediante empaqueo automático, requiriendo el sistema de llenado un coeficiente de fricción dinámico en torno a 0,2.

Actualmente, la planta de empaque flexible maneja las siguientes especificaciones:

- Para películas normales:
  - COF estático y dinámico 0,1 – 0,2
- Para películas termo encogibles:
  - COF estático 0,3 - 0,6
  - COF dinámico 0,2 - 0,4

Estos valores se toman de referencia evaluando el lado no tratado del sustrato final, ya que el lado con tratamiento corona esta designado a continuar un proceso de impresión flexográfica o de laminación, según requerimientos del cliente.

## **1.10. Pruebas de calidad**

Las pruebas de calidad realizadas a los lienzos de polietileno se basan en el cumplimiento de las variables críticas.

Se describe el procedimiento de las pruebas realizadas a dichos lienzos para que completen el proceso de producción de empaque flexible.

- Muestreo de tratado corona: para esta prueba se utilizan marcadores verificadores de 36, 38 y 40 dinas/cm, y se traza una línea con el marcador verificador de 38 dinas en la cara donde se aplicó el tratado corona al lienzo. Si se observa que la tinta no desaparece, significa que el tratado fue aplicado correctamente, en caso contrario, significa que el lienzo no lleva el tratado adecuado por lo tanto hay que ajustar el amperaje del tratador y realizar la prueba con los tres marcadores verificadores autorizados.

Después de realizar la prueba en la cara donde se aplicó el tratado se aplica el mismo procedimiento en la otra cara del lienzo y si se observa tan solo un poco de tinta significa que el lienzo lleva exceso de tratado corona, por lo cual se debe ajustar el amperaje del tratador y verificar la calibración de los electrodos.

- Sellabilidad de polímeros: cuando se trata de un lienzo cuyo propósito es ser un material sellante se corta un lienzo de polietileno coextruido de 20 cm de largo y del ancho de la bobina. El lienzo debe doblarse de tal manera que las superficies en contacto no lleven tratado corona, se inserta el lienzo doblado a la barra selladora de la máquina selladora de impulso de pedestal.

Una vez el área del sello se enfríe, el lienzo se estira de los dos bordes sobrantes por debajo del área sellada.

- Verificación del coeficiente de fricción: esta prueba se realiza utilizando un equipo medidor de coeficiente de fricción que permite conocer el dato estático y dinámico de la película plástica.



## **1.11. Análisis del proceso de coextrusión**

Mediante el uso de diagramas se analiza el proceso de coextrusión para identificar deficiencias y posibles mejoras.

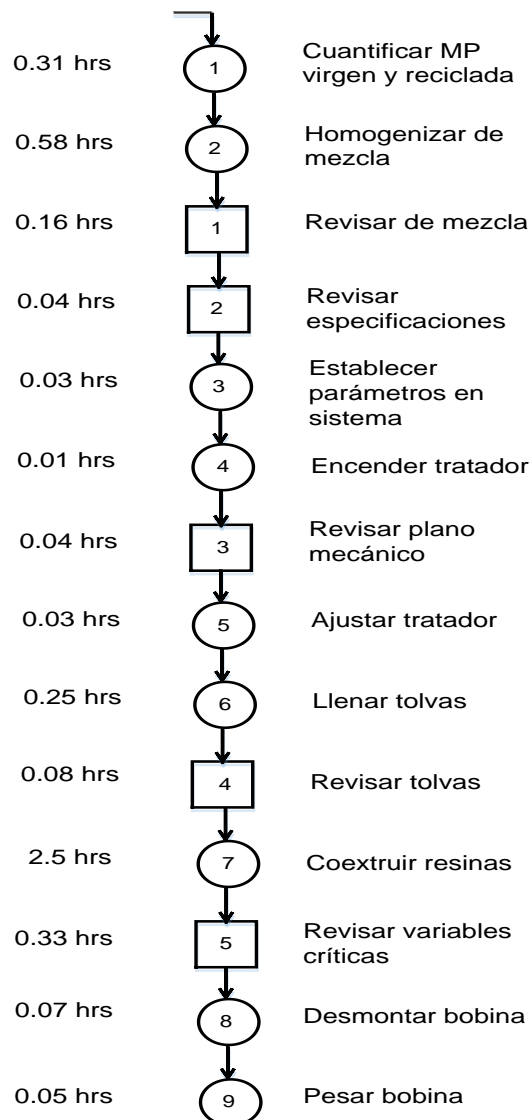
### **1.11.1. Diagrama de operaciones**

Se muestra por medio de un diagrama de proceso de operaciones el proceso de coextrusión de polietileno (ver figura 5).

Figura 5. Diagrama de operaciones del proceso de coextrusión



### DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACIONES

<b>Proceso:</b> coextrusión de polietileno	<b>Inicio:</b> almacén de materia prima
<b>Método:</b> actual	<b>Fin:</b> área de impresión / laminación



Continuación figura 5.

## Resumen

símbolo	descripción	cantidad	tiempo (horas)
	operación	9	3,83
	inspección	5	0,65
	TOTAL	14	4,48

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

El tiempo total que se emplea para la transformación de 500 kg de resinas de polietileno mediante el proceso de coextrusión es de 4,48 horas trabajando a una velocidad de 200 kg/h. Luego del pesaje de la bobina se traslada al área de impresión flexográfica o de laminación según indique la orden de producción.

Nota: la velocidad de coextrusión dependerá del calibre indicado en la orden de producción, ya que cuanto más pequeño sea el calibre deseado, más lento debe trabajar la maquinaria, produciendo como mínimo 150 kg/h.

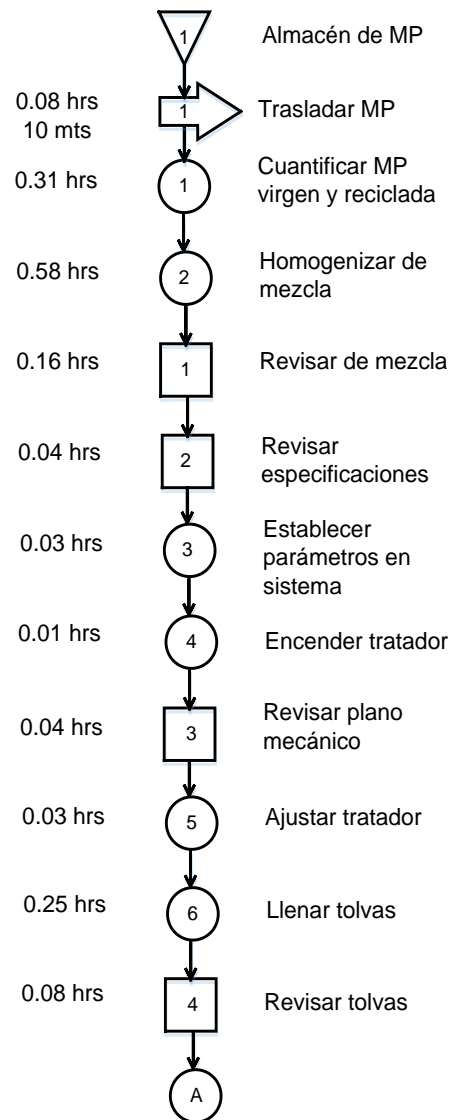
### 1.11.2. Diagrama de flujo de operaciones

Por medio de un diagrama de flujo de operaciones se muestra el proceso actual de coextrusión de polietileno (ver figura 6).

Figura 6. **Diagrama de flujo de operaciones del proceso de coextrusión**

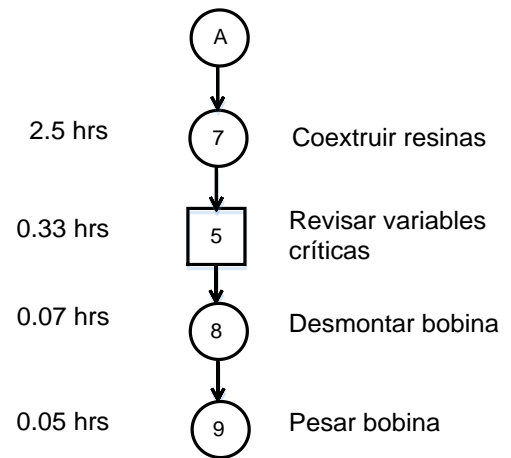
**DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES**

<b>Proceso:</b> coextrusión de polietileno	<b>Inicio:</b> almacén de materia prima
<b>Método:</b> actual	<b>Fin:</b> área de impresión / laminación
	<b>Hoja:</b> 1/2



Continuación figura 6.

<b>Proceso:</b> coextrusión de polietileno	<b>Inicio:</b> almacén de materia prima
<b>Método:</b> actual	<b>Fin:</b> área de impresión o laminación
	<b>Hoja:</b> 2/2



### Resumen

símbolo	descripción	cantidad	tiempo (horas)	distancia (m)
○	operación	9	3,83	-
□	inspección	5	0,65	-
➔	transporte	1	0,08	10
▽	almacenaje	1	-	-
	TOTAL	16	4,56	10

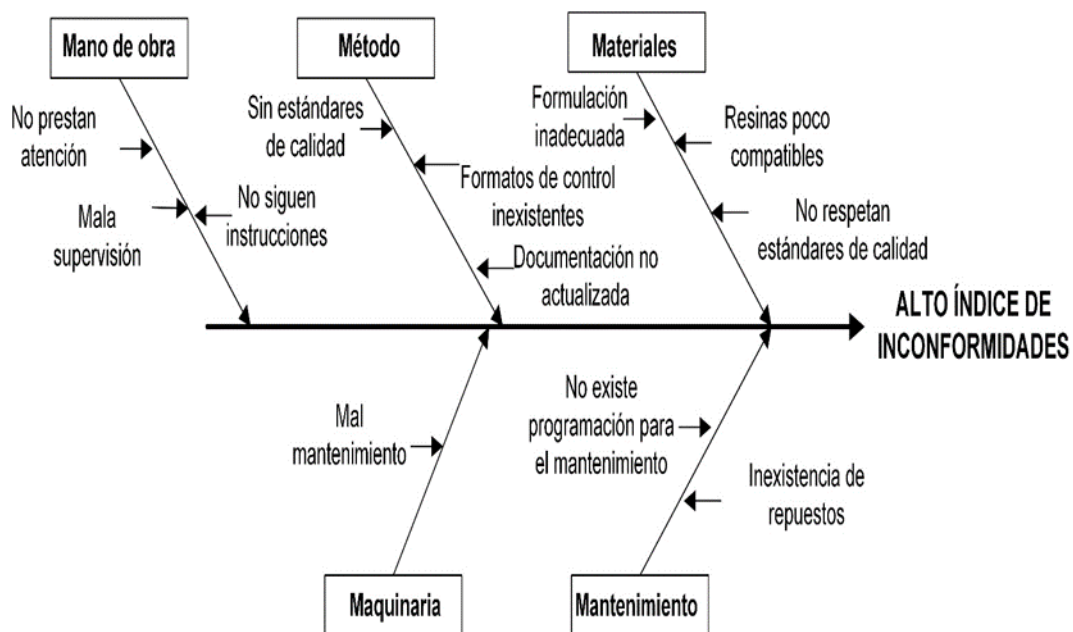
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

El tiempo total que se emplea en transformar 500 kilogramos de granza de polietileno mediante el proceso de coextrusión es de 4,56 horas, trabajando a una velocidad de 200 kg/h.

### 1.11.3. Diagrama de Ishikawa

Por medio de un diagrama causa y efecto se analiza el alto índice de inconformidades dentro del área de extrusión y coextrusión de polietileno.

Figura 7. Representación gráfica de causa-efecto



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Con el análisis de causas realizado para conocer los factores que generan un índice alto de inconformidades en el área de coextrusión las causas principales se clasificaran así:

- **Materiales:** no se respetan estándares de calidad y existe la utilización de resinas poco compatibles. Esto se debe que al variar la calidad de las resinas plásticas distribuidas por los proveedores varían las características de las resinas utilizadas en la formulación de los productos ocasionando inconformidades respecto al aspecto del lienzo final. Un ejemplo de las características que pueden variar es qué tan pegajosa sea la resina al momento de la coextrusión.
- **Método:** sin estándares de calidad, esto se debe a que el conocimiento de los operarios es empírico, además la documentación del proceso no está actualizada por lo que los formatos para el control de proceso son inexistentes.
- **Mano de obra:** los operarios del área de extrusión y coextrusión no prestan atención por lo tanto es difícil que puedan seguir instrucciones, asimismo, la mala supervisión no brinda el apoyo necesario para producir eficientemente.
- **Mantenimiento:** no existe una programación para el mantenimiento preventivo. Cuando una pieza se avería no existen repuestos por lo que tienen que mandar a fabricarse.
- **Maquinaria:** el mantenimiento no es el adecuado, por lo que las fallas producen inconformidades en el lienzo final.

Con el análisis del diagrama y de las causas principales se determina que la causa raíz es que el método no está estandarizado. Esto ocasiona un total de 34 no conformidades relacionadas con el método utilizado a lo largo de 4 meses

(ver tabla I), esto provoca un aprovechamiento promedio de los recursos involucrados en la producción de lienzos de polietileno no mayor al 82 %.

Tabla I. **Causas asignables a la inconformidad**

<b>No.</b>	<b>Razones asociadas a la inconformidad</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>1</b>	Materiales	22
<b>2</b>	Método	34
<b>3</b>	Mano de obra	15
<b>4</b>	Mantenimiento	11
<b>5</b>	Maquinaria	8
	<b>Total de inconformidades</b>	<b>90</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Nota: muestra realizada en 4 meses de trabajo normal de 24 horas.

Para realizar el diagrama de Pareto se ordenan las razones asociadas a la inconformidad de forma descendente y se calcula la frecuencia relativa y la frecuencia relativa acumulada en porcentajes (ver tabla II).



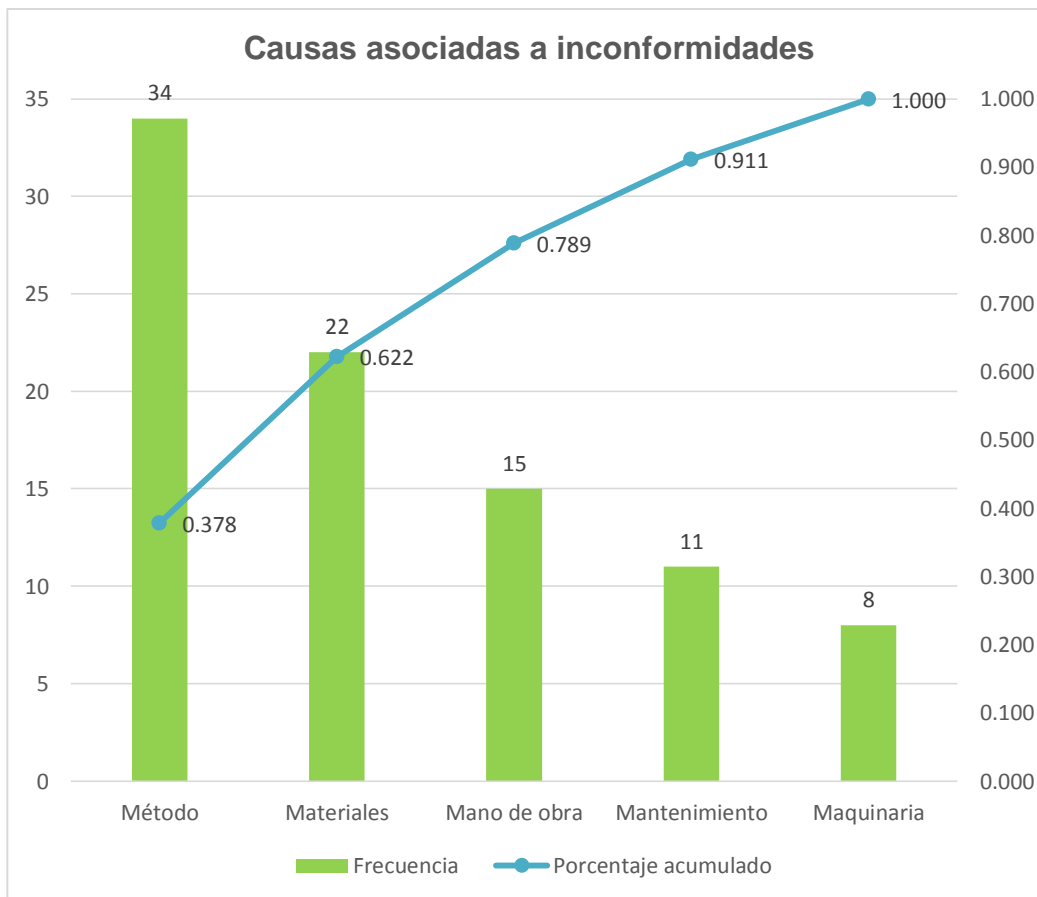
Tabla II. **Frecuencia y porcentaje de las causas**

<b>No.</b>	<b>Razones asociadas a la inconformidad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Porcentaje Acumulado (%)</b>
<b>1</b>	Método	34	37,8	37,8
<b>2</b>	Materiales	22	24,4	62,2
<b>3</b>	Mano de obra	15	16,6	78,8
<b>4</b>	Mantenimiento	11	12,2	91
<b>5</b>	Maquinaria	8	9	100

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Luego de calcular los datos necesarios se procede a la construcción del diagrama de Pareto (ver figura 8).

Figura 8. **Diagrama de Pareto para las causas asociadas a inconformidades**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Con el análisis del diagrama se determina que el método que maneja el área de coextrusión requiere una estandarización del proceso para producir eficientemente ya que a lo largo de 4 meses hubo 34 inconformidades ocasionadas por:

- Diferentes métodos para la mezcla y homogenización de las resinas.
- Diferentes tiempos de purga.

- Metodologías diferentes para el amarre de la cortina plástica.
- Parámetros de producción establecidos por conocimiento empírico, por ejemplo la temperatura para la producción de los lienzos de polietileno.

El segundo problema ocasionó 22 inconformidades asociadas a los materiales dentro de las cuales se puede mencionar:

- Lenzos con grumos por incompatibilidad de resinas.
- Problemas en la calidad del lienzo ocasionado por resinas de baja calidad.
- Lenzos desechados por mezclas formuladas incorrectamente, es decir manejando porcentajes de resinas no adecuados que posteriormente afectaron la calidad del sustrato final.

Luego, el factor mano de obra ocasiono 15 inconformidades ocasionadas por:

- Falta de atención por parte del operario
- El operario no siguió instrucciones
- Mala supervisión

Finalmente el mantenimiento y maquinaria ocasionaron 11 y 8 inconformidades respectivamente ocasionadas por:

- Fuga de aceite
- Paro inesperado de la maquinaria
- Fundición de una termocupla
- Obstrucción de un filtro
- Suciedad en los electrodos del tratador corona
- Desprendimiento del látex que recubre los rodillos embobinadores

## **1.12. Análisis del proceso de reciclaje de polietileno**

El proceso de reciclaje permite aprovechar la materia prima que ya ha sido procesada. Mediante el uso de un diagrama de flujo de operaciones se analiza el proceso de reciclaje de polietileno para identificar deficiencias.

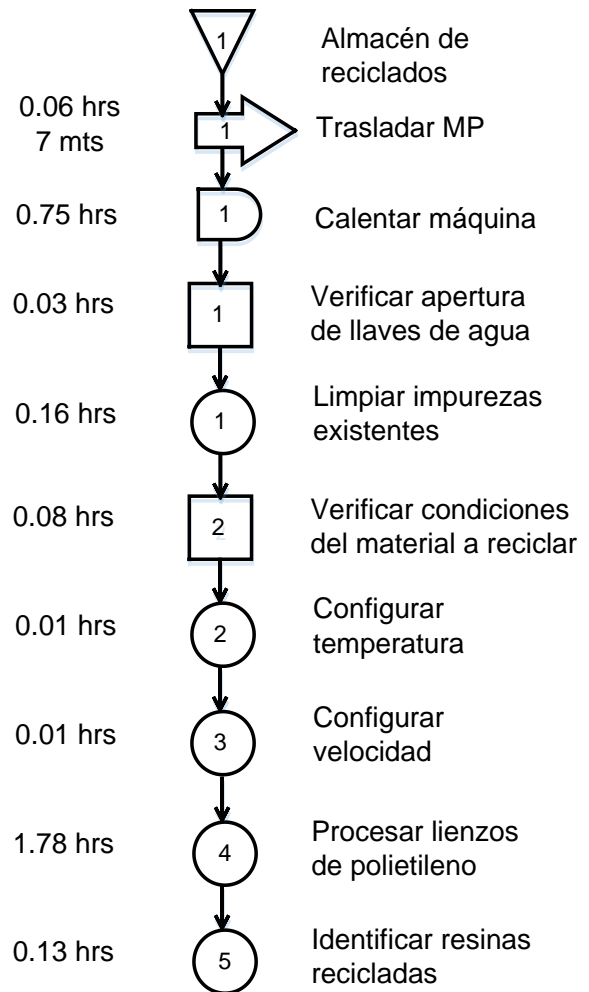
### **1.12.1. Diagrama de flujo de operaciones**

Por medio de un diagrama de flujo de operaciones se muestra el reciclaje actual de las resinas plásticas de polietileno (ver figura 9).

Figura 9. Reciclaje de polietileno






**DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES**

<b>Proceso:</b> reciclaje de polietileno	<b>Inicio:</b> almacén de materia prima
<b>Método:</b> actual	<b>Fin:</b> almacén de materia prima



Continuación figura 9.

## Resumen

Símbolo	descripción	cantidad	tiempo (horas)	distancia (m)
	operación	5	2,09	-
	inspección	2	0,11	-
	demora	1	0,75	-
	transporte	1	0,06	7
	almacenaje	1	-	-
	TOTAL	10	3,01	7

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

El tiempo total que se emplea en reciclar 250 kilogramos de polietileno es 3,01 horas, produciendo a una velocidad de 140 kg/h.

El material en forma de granza es almacenado en sacos de 25 kilogramos cada uno, es rotulado e identificado debidamente y es almacenado para su uso posterior.

### 1.13. Eficiencias por máquina en el área de extrusión y coextrusión

Tabla III. Porcentaje de eficiencia actual

Proceso por área	Meta	Año 2016			
Eficiencia real del área de extrusión	95%	<b>enero</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>
	extrusora 1	83%	80%	84%	82%
	extrusora 2	84%	82%	81%	83%
Eficiencia real del área coextrusión	95%	<b>enero</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>
	coextrusora 1	82%	79%	81%	80%
	coextrusora 2	85%	84%	82%	81%

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

El funcionamiento de la planta no es el esperado por la gerencia y el departamento de producción. Esto se puede observar en la tabla anterior al comparar la eficiencia real con la eficiencia esperada. El porcentaje de eficiencia esperada, en este caso 95 %, la establece la alta gerencia y el departamento de producción con base en:

- El índice de desperdicio inherente al proceso que varía según la orden de producción. El índice de desperdicio promedio aceptable es del 2 %.
- La disponibilidad de la maquinaria.
- Limitaciones de la maquinaria y tiempos de purga.

Tabla IV. **Medias y rangos de las eficiencias muestrales**

MES	EFICIENCIA POR MÁQUINA				MEDIA	RANGO
<b>Enero</b>	83	84	82	85	83,5	3
<b>Febrero</b>	80	82	79	84	81,25	5
<b>Marzo</b>	84	81	81	82	82	3
<b>Abril</b>	82	83	80	81	81,5	3

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

- $\bar{\bar{X}}$ : 82,0625
- $\bar{R}$ : 3,5
- Constante  $A_2$ : 0,729 para  $n= 4$

Para calcular los límites de control se utilizan las siguientes formulas:

$$LCS: \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R} \implies LCS = 82,0625 + (0,729)(3,5) = 84,614$$

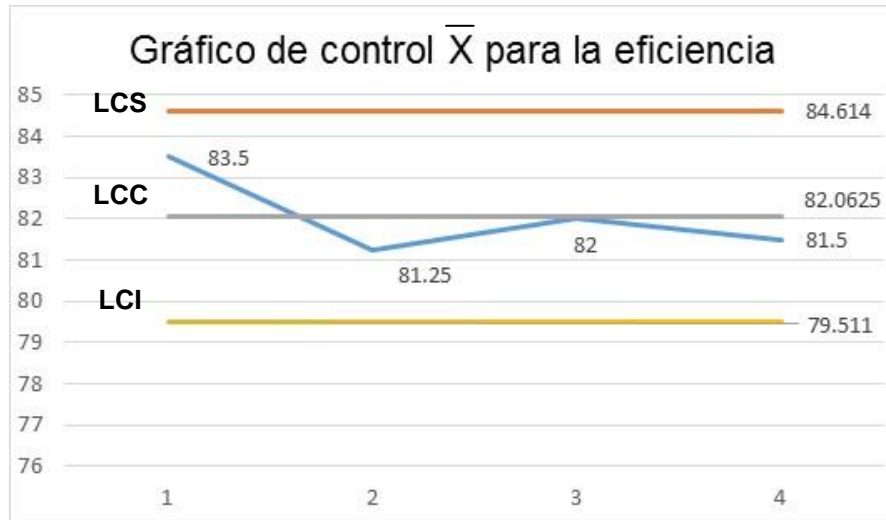
$$LCC: \bar{\bar{X}} \implies LCC = 82,0625$$

$$LCI: \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R} \implies LCI = 82,0625 - (0,729)(3,5) = 79,511$$

Una vez determinados los límites de control se construye el gráfico de control de medias para las eficiencias muestrales de la tabla III. (Ver figura 10)



Figura 10. **Gráfico de control para la eficiencia muestral**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Estos límites reflejan la variación esperada para las medias muestrales, mientras que el proceso no cambie. Por ejemplo, se espera que la eficiencia de las cuatro máquinas del área de extrusión y coextrusión varíe del 79,51 % al 84,61 %. Al ser un porcentaje lejano del 95 % indica que es necesario hacer modificaciones en la técnica de producción y estandarizar el proceso de extrusión y coextrusión de polietileno mediante diagramas de operaciones y la utilización de formularios de control que registren las variables al producir. Esto permitirá el aumento del porcentaje de eficiencia, ya que un porcentaje de eficiencia bajo representa una gran pérdida monetaria para la empresa.

#### 1.14. Índice actual de desperdicio

Cuando un lienzo de polietileno incumple con las variables críticas se clasifica como desperdicio y no pasa al proceso de impresión flexográfica o laminación, según indique la orden de producción.

Para el cálculo del índice de desperdicio se utiliza la siguiente formula:

$$ID = \left( \frac{\text{unidades defectuosas}}{\text{unidades producidas}} \right) * 100$$

Tabla V. **Índice actual de desperdicio**

mes	eficiencia promedio de referencia	toneladas producidas	toneladas defectuosas	ID
enero	83,5 %	969	133	13,73 %
febrero	81,25 %	890	88	9,89 %
marzo	82 %	946	122	12,90 %
abril	81,5 %	917	101	11,01 %
			$\overline{ID}$	11,88%

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

La tabla V muestra los porcentajes de desperdicio en toneladas de polietileno en el área de extrusión y coextrusión. Se puede observar que es un porcentaje elevado para un único proceso, ya que no se tomó en cuenta el proceso de impresión flexográfica o el proceso de laminación en los cuales también se genera un porcentaje de desperdicio.

Al manejar diferentes técnicas y metodologías al producir, además de la falta de control y registro de las variables críticas del lienzo final de polietileno se incurre en un porcentaje elevado e innecesario de desperdicio y, aunque la planta cuenta con un equipo reciclador, cuando los porcentajes de materia prima reciclada dentro de la formulación de nuevos productos es muy bajo, el índice de desperdicio no disminuye significativamente.

### **1.15. Descripción de costos en el área de extrusión y coextrusión**

Debido a que en el área de extrusión y coextrusión se manejan formulaciones distintas en cada orden de producción, los costos totales de producir varían dependiendo las especificaciones del cliente.

El costo por operar una hora las máquinas extrusoras y coextrusoras es de \$40 y \$45 respectivamente, asimismo, el costo por procesar la resina plástica para convertirla en lienzos de polietileno es de \$3,50 por kilo.

Los procesos de extrusión y coextrusión permiten el uso de las resinas reprocesadas lo cual contribuye a disminuir el costo de materia prima. La planta de empaque flexible cuenta con una máquina recicladora que transforma en granza los lienzos de polietileno que no cumplen con las variables críticas. El costo por kilo de material transformado es de \$0,20 independiente de la formulación utilizada en la coextrusión del producto.



## **2. PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE COEXTRUSIÓN DE POLIETILENO**

### **2.1. Proceso de coextrusión de polietileno**

Mediante la estandarización de las diferentes metodologías de trabajo existentes en el proceso de coextrusión de polietileno, se propone mejorar el proceso productivo para aumentar la eficiencia del área de extrusión y coextrusión.

#### **2.1.1. Procedimiento de operación**

Se especifican los procedimientos de operación requeridos en el área de extrusión y coextrusión de polietileno para producir lienzos de mejor calidad y que cumplan con las especificaciones del cliente.

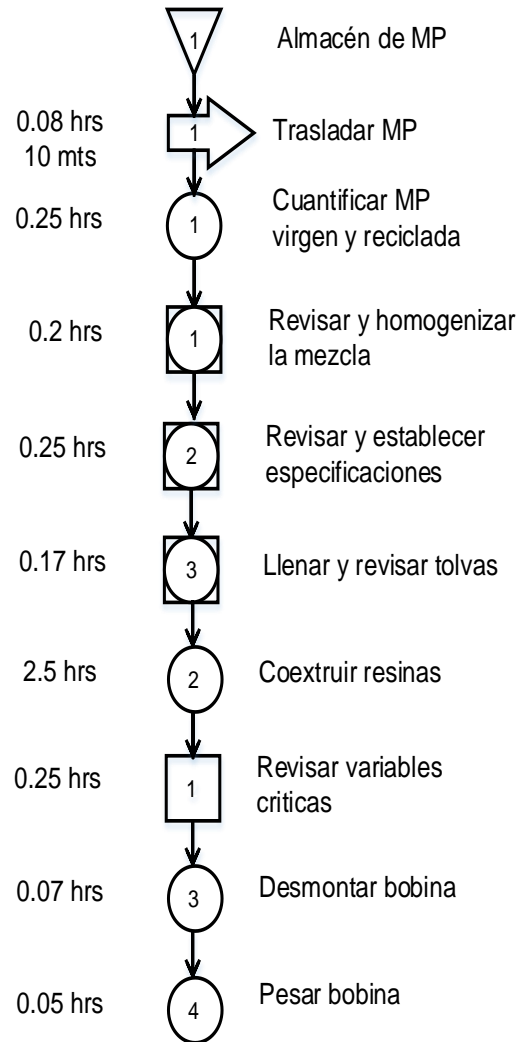
##### **2.1.1.1. Diagrama de flujo de operaciones propuesto**

Se muestra el diagrama de flujo de operaciones propuesto para la mejora del proceso de coextrusión de polietileno (ver figura 11).

Figura 11. Diagrama de flujo de operaciones propuesto






**DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES**

<b>Proceso:</b> coextrusión de polietileno	<b>Inicio:</b> almacén de materia prima
<b>Método:</b> propuesto	<b>Fin:</b> área de impresión / laminación



Continuación figura 11.

### Resumen

símbolo	descripción	cantidad	tiempo (horas)	distancia (m)
	operación	4	2,87	-
	inspección	1	0,25	-
	combinado	3	0,62	-
	transporte	1	0,08	10
	almacenaje	1	-	-
	TOTAL	10	3,82	10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

El tiempo total que se emplea en transformar 500 kilogramos de granza de polietileno mediante el proceso de coextrusión propuesto es de 3,82 horas, trabajando a una velocidad de 200 kg/h, por lo que existe un ahorro de tiempo de 0,74 horas equivalente a 45 minutos.

Cambios realizados para la mejora en el tiempo:

- La materia prima virgen y reciclada debe venir cuantificada desde su despacho en bodega. En esa área se cuenta con cuatro empleados que disponen del tiempo suficiente para la cuantificación de las resinas plásticas.

- Se realiza simultáneamente la homogenización y la revisión de la mezcla a coextruir.
- Al ingresar las resinas a la tolva se revisa simultáneamente que no existan vacíos dentro de la misma que puedan provocar defectos en el lienzo final.
- La revisión y establecimiento de parámetros y especificaciones se realiza de manera simultánea al ingresarlas al sistema.
- Para la revisión de las variables críticas, el operario, en el lugar de trabajo, tiene las herramientas para realizar la tarea de manera limpia y ordenada.

#### **2.1.1.2. Propuesta para la preparación y arranque de la maquinaria**

- Conectar *flipón* general, luego, subir palanca del panel principal de la máquina.
- Activar los interruptores para encender los pirómetros de temperatura del cañón, filtro y dado, verificando en el panel de control el amperaje de los mismos.
- Graduar, en el cañón, la temperatura que se desea tomando en cuenta las resinas que se procesarán. Para el polietileno de baja densidad, regularmente, la temperatura debe oscilar entre 150 y 160 °C y para el polietileno de alta densidad debe ser entre 200 y 220 °C, aunque estas temperaturas varían según la calidad de las resinas.



- Se enciende cada uno de los ventiladores del tornillo fundidor y el ventilador del cabezal o dado y se verifican que estén funcionando correctamente.
- Calentar las máquinas coextrusoras durante una hora, aproximadamente, hasta que se alcance la temperatura graduada en el panel de control.

Mientras la máquina está calentando se verifican las medidas indicadas en la orden de producción. Se revisa si el molde es el correcto con base en la relación de soplado. El estándar es de 2 a 1 en relación con la medida del material para bolsas o laminación y de 4 a 1 para lienzos termo encogibles. También se debe revisar la calidad, resistencia y calibre del core a utilizar en el embobinado del lienzo final de polietileno.

No se usarán cores delgados y suaves para bobinas arriba de 40 kilogramos.

Con las temperaturas en la pantalla se verifica físicamente zona por zona si todo marcha adecuadamente.

- Antes del arranque verificar que las resinas por utilizar sean las correctas, luego, se llenan las tolvas de alimentación y se tapan para que no caigan impurezas dentro de las mismas.
- Se procede al arranque del motor principal en vacío al mínimo trabajando el tornillo entre 7 y 10 revoluciones por minuto.

Al arrancar una máquina coextrusora con menos de 24 horas de paro se debe purgar con materiales de baja densidad. El arranque debe ser lento

y a bajas revoluciones; luego, se debe cambiar a altas revoluciones trabajando calibres altos para limpiar todo el cabezal. El arranque de la máquina debe ser gradual al ingresar las temperaturas. Se puede arrancar desde 30 °C, luego 100 °C, 130 °C y así, sucesivamente, hasta llegar a la temperatura deseada.

No se deben arrancar las máquinas coextrusoras con productos cuyo destino final sea la impresión flexográfica para evitar contaminación física o daños en dicho proceso.

### **2.1.1.3. Metodología de limpieza propuesta**

Los procedimientos de limpieza deben atribuirse a los operadores y auxiliares del área de extrusión y coextrusión. Dichos procedimientos deben ser aprobados por el supervisor de turno.

Antes de la limpieza de la maquinaria el personal autorizado debe de utilizar guantes, lentes y mascarilla, según sea necesario y verificar que las herramientas estén limpias y en buen estado.

Al realizar la limpieza de la maquinaria debe retirarse polvo, grasa, aceite o cualquier contaminante que pueda afectar la calidad del lienzo final de polietileno.

Entre las operaciones de limpieza externa e interna de la maquinaria se debe realizar lo siguiente:

- La limpieza diaria de los equipos incluye paneles de control, estructura de los equipos, pantallas, partes móviles de los equipos, cubetas, mesas

de trabajo y piso utilizando *wypall* y etanol. Debe evitarse el uso de equipos de limpieza con partes de madera.

- Para la purga de las máquinas coextrusoras se deben dejar resinas de baja densidad a un 80 % y un 20 % de polietileno con antioxidante. Este puede ser de cualquier proveedor aprobado por el departamento de calidad y el supervisor de materiales, para arrancar sin problemas de grumos y material quemado. Se debe evitar sobrepasar el índice de desperdicio promedio permitido equivalente al 2 %.
- Al finalizar una corrida de producción cuya formulación incluya pigmento, se debe purgar la máquina por media hora utilizando resinas con un índice de fluidez bajo, el cual servirá de arrastre liberando al cañón y al dado del pigmento adherido.
- Al trabajar una orden de producción con distinta formulación que la anterior se deben limpiar los dosificadores para evitar contaminación de la mezcla actual.
- Limpiar el dado o cabezal con una espátula de bronce y con silicona líquida para quitar el plástico adherido.
- Los filtros a la salida de los cañones que permiten el paso de las resinas, deberán ser limpiados con espátula de bronce, silicona líquida y cepillo de latón para eliminar restos de resinas o impurezas. Si el filtro está dañado o doblado se debe cambiar.

- Los basureros del área de extrusión y coextrusión deben ser evacuados una vez al día. El personal subcontratado para la limpieza de la planta, les debe cambiar la bolsa interior y lavarlos una vez por semana.

#### **2.1.1.4. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo alarga la vida útil de la maquinaria y prevé las averías o desperfectos con anticipación para que estas no se produzcan. El mantenimiento preventivo dentro de la organización se plantea objetivos, como la disponibilidad del equipo productivo, disminución de los costos de mantenimiento correctivo, aprovechamiento de los recursos y la prevención de accidentes laborales.

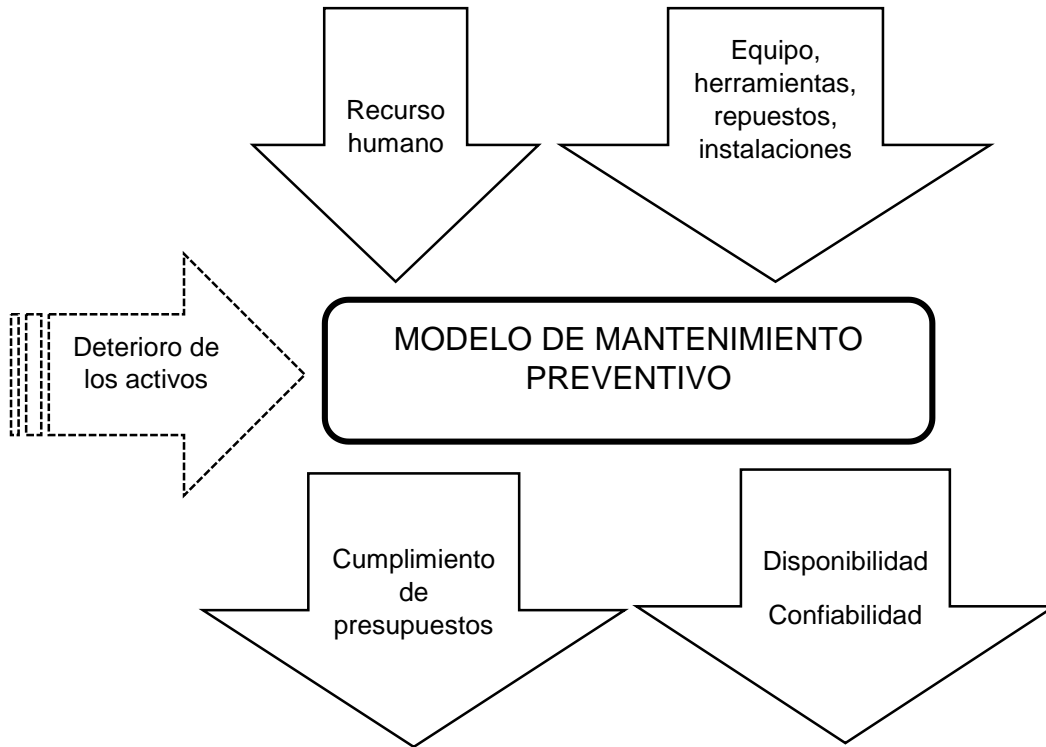
El mantenimiento preventivo ofrece ventajas tales como:

- Reducción de la frecuencia de fallas: al contar con un programa de mantenimiento preventivo las reparaciones realizadas de forma correctiva deben disminuir. La meta es realizar al menos un 60 % de mantenimiento preventivo contra un 40 % de mantenimiento correctivo.
- Planificación del trabajo: existe la capacidad de realizar un plan de trabajo diario que beneficie a los técnicos de mantenimiento y al área de producción. De esta manera se planearán los recursos y ordenes de trabajo, ya que las paradas de la maquinaria, definidas previamente, permiten liberar y organizar recursos para actividades de capacitación o reuniones informativas, por ejemplo.

- Disposición de la información: la planeación y registro de las actividades de mantenimiento, facilitan la existencia de una base de datos para la búsqueda de causas en el registro histórico de la maquinaria y equipo, asimismo, facilita la toma de decisiones para la compra de repuestos o insumos del departamento de mantenimiento.

La programación de visitas, revisiones, la lubricación y limpieza periódica es fundamental para la buena ejecución de un mantenimiento preventivo. De esta manera se prolonga el funcionamiento correcto de las máquinas coextrusoras. Por esa razón, el sistema de mantenimiento preventivo que se implementará (ver figura 12) proyecta la ausencia de fallas en la maquinaria y equipo que perjudiquen la eficiencia del proceso productivo y en caso de que se presenten su impacto sea mínimo.

Figura 12. **Sistema de mantenimiento preventivo**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Para evitar daños o fallas prematuras, el mantenimiento de la maquinaria y equipo del área de extrusión y coextrusión debe ser realizado únicamente por el personal del departamento de mantenimiento asignado a dicha tarea o por los operarios autorizados. Las actividades para el mantenimiento preventivo se muestran a continuación. (Ver tabla VI)

Tabla VI. Programa de actividades para el mantenimiento preventivo de una máquina coextrusora

UNIDAD	ELEMENTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA EN HORAS				
			24	180	600	2500	4800
<b>SISTEMA MOTRIZ</b>	Motor	Revisión del amperaje	X				
		Revisión interna y externa			X		
		Escuchar ruidos y vibraciones anormales	X				
		Revisar temperatura de la carcasa	X				
	Ventiladores	Revisión ocular	X				
		Limpieza interna			X		
	Fajas	Revisión de la tensión	X				
	Caja reductora	Desarmar y revisar					X
		Escuchar ruidos y vibraciones anormales	X				
		Cambio de empaques y retenedores					X
		Nivel de fugas y lubricante	X				
		Reapretar tornillos					X
		Cambio de lubricante y limpieza interna				X	
		Alineación				X	
	Conectores y cables	Revisión	X				

Continuación tabla VI.

<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>	Panel de control	Limpieza externa	X				
		Revisión y limpieza interna de cables, contactores y pirómetros		X			
	Cables	Revisión el cableado en general			X		
	Resistencias	Revisión y limpieza		X			
	Termocuplas	Revisión general		X			
<b>SISTEMA EXTRUSOR</b>	Cañón	Control de temperaturas	X				
		Revisión interna				X	
		Limpiar y pulir con lana de bronce y pasta				X	
		Medirlo				X	
		Rectificarlo				X	
	Tornillo	Revisión interna				X	
		Limpiar y pulir con lana de bronce y pasta				X	
		Medirlo				X	
		Rectificarlo				X	
	Filtros	Limpieza		X			
		Revisión del estado físico		X			
		Cambiar tamices		X			
			Control de temperatura	X			



Continuación tabla VI.

		Revisión y limpieza interna				X	
	Dado	Pulirlo con pasta				X	
		Engrasar el acople				X	
		Rectificarlo					X
		Limpieza externa	X				
<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN</b>	Tolvas	Buscar fuga de resinas			X		
		Limpiar el motor accionador de la turbina					X
		Revisar ajuste y calibrar el sensor de nivel				X	
		Revisar estado de las mangueras de conexión			X		
<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>	Ventiladores	Revisar la rotación	X				
		Limpieza externa	X				
		Limpieza de filtros			X		
		Limpieza de motor			X		
		Limpieza interna			X		
		Cambio de filtro			X		
	Persiana	Limpiar con jabón y lana de cobre		X			
		Graduación	X				
		Aplicar sellante o pintura					X

Continuación tabla VI.

<b>UNIDAD DE MOLDEO Y ESTIRADO</b>	Rodillos colapsadores	Limpieza de rodillos guía		X			
		Revisión de presión	X				
		Lubricar rodamientos		X			
		Rectificar rodillos					X
	Rodillos embobinadores	Limpieza general		X			
		Lubricar cadenas		X			
		Lubricar chumaceras		X			
		Lubricar rodamientos		X			
		Rectificar rodillos					X
		Revisar velocidad de embobinado	X				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Para implementar un sistema de mantenimiento preventivo las visitas y revisiones son fundamentales ya que se realizan a las máquinas o instalaciones para verificar su estado y detectar focos de fallas.

Las visitas deben de tener las siguientes características:

- Ser rápidas, deteniendo la actividad productiva al mínimo.
- Utilizar métodos no destructivos para la detección de averías tales como ultrasonidos, estroboscopio, entre otros.
- No desmontar equipo complejo.
- Inspeccionar que el equipo se esté utilizando en condiciones de óptimo rendimiento.
- La visita debe durar máximo una hora, si se necesita más tiempo se requiere la autorización del jefe de producción para continuar.

Las revisiones deben de tener las siguientes características:

- Previo a una revisión se debe estimar el tiempo de duración para negociar con producción el momento más oportuno para realizarla.
- Desmontar los órganos de la máquina cuando parezca que existe una anomalía.
- Montar completamente la máquina si se requiere.
- Reparar las anomalías identificadas previamente en la visita.

También como parte importante del modelo es necesaria la planeación y programación eficaz de las actividades preventivas para las cuales se debe llevar un control para no interferir negativamente con el proceso productivo.

Las órdenes de trabajo son una manera sencilla de organizar las actividades preventivas exclusivamente asignadas al departamento de mantenimiento. Para evitar confusiones al realizar el mantenimiento de cierta maquinaria o equipo es fundamental dejar constancia escrita de las tareas a realizar ya que instrucciones verbales podrían ser malinterpretadas.

La orden de trabajo de mantenimiento preventivo debe entregarse al departamento de planificación y al jefe de planta, para que la producción sea programada de la mejor forma posible. A través de la orden de trabajo, la actividad preventiva, será consignada en el sistema de planeación de mantenimiento para su pronta ejecución, de acuerdo con la disponibilidad de los recursos necesarios y siguiendo los criterios del departamento de mantenimiento.

Figura 13. **Orden de trabajo para mantenimiento**

<b>ORDEN DE TRABAJO</b>		
Máquina o equipo: _____		Fecha: _____
Código inventario: _____		
Trabajo solicitado por: _____		
Responsable del trabajo: _____		
Tareas por realizar		
Aprobado por:	Involucrados	
	eléctrico	taller de torno
		limpieza
Repuestos utilizados		
cantidad	descripción	
hora inicial del mantenimiento: _____		
hora final del mantenimiento: _____		
Observaciones:		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

## 2.2. **Formatos para la estandarización del proceso**

El objetivo de diseñar formularios es brindar una herramienta estandarizada para el procesamiento eficaz de la información en la elaboración del producto asimismo, registrar y trasladar información ordenada a los mandos superiores para verificar las condiciones bajo las cuales se ha llevado a cabo el proceso productivo en los diferentes turnos.

### 2.2.1. Orden de elaboración y especificación del producto

Se muestra el formato a utilizar para el control de las órdenes de producción y especificación del producto.

Figura 14. Orden de elaboración y especificación del producto

<b>ORDEN DE ELABORACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO</b>	
Orden no. _____	Fecha:    /    /
Cliente:	No. De bobinas:    Kilogramos:
Máquina no.	Turno:    Operador:
Tratado corona:	Observaciones:
Calibre:	
Color:	
(f) _____ Jefe de planta PEF	(f) _____ Supervisor de turno

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

### 2.2.2. Reporte de producción

Se muestra el formato a utilizar para los reportes de producción de la planta de empaque flexible.

Figura 15. Reporte de producción

<b>REPORTE DE PRODUCCIÓN</b>					
Reporte No. _____			Fecha: / /		
Área: extrusión			Forma: lienzo		
Máquina No. _____					
OP: _____					
Cliente: _____					
<b>Materia prima</b>					
Resinas (kg)	Código	Lote	Proveedor	Resina reprocesada (kg)	
		No. de bobinas	kilogramos	Reproceso (kg)	
Turno 1					
Turno 2					
Total producido					
(f) _____			(f) _____		
supervisor en turno			operador		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.



## 2.2.4. Registro para la inspección de orden y limpieza

Se muestra el formato para la inspección del orden y limpieza dentro de la planta de empaque flexible.

Figura 17. Registro para la inspección de orden y limpieza

<b>REGISTRO PARA LA INSPECCIÓN DE ORDEN Y LIMPIEZA</b>						
Máquina No. _____			Mes: _____			
			Semana: _____			
<b>PELIGROS</b>	Fecha	Turno	Operador	Calificación	Acción correctiva	Observaciones
<b>QUÍMICOS</b>						
Rodillos y canasta libres de grasas u otros contaminantes químicos						
Químicos utilizados en el área debidamente identificados con etiqueta						
<b>FÍSICOS</b>						
No existen sobrantes de cuchillas en el área, máquina o pisos						
No existe cinta adhesiva TESA colocada en cualquier parte de la maquina ni en reparaciones temporales						
El producto en proceso en colocado en tarimas plásticas y limpias						
La superficie de las tarimas es cubierta con papel para evitar contaminación cruzada						
<b>BIOLÓGICOS</b>	* Referente al operario					
Utiliza mascarilla de protección cuando presenta gripe						
Se lava las manos al ingresar a la planta y al manipular producto en proceso						
Presenta la higiene personal requerido						



Continuación figura 17.

<b>ORDEN Y LIMPIEZA</b>	* Referente al área de extrusión y coextrusión					
Repuestos, partes móviles y accesorios de la máquina están limpios y ubicados en el lugar asignado						
Muebles de herramientas y cores están ordenados						
La mesa de aprobaciones y el escritorio están limpios y ordenados						
Área libre de tarimas de madera, embalajes de MP y cualquier objeto de madera						
Desperdicios en el lugar asignado, área libre de basura						
Toneles de resinas limpios e identificados						
Estructura de la máquina libre de polvo, acumulación de objetos, etc.						
Área de trabajo limpia y ordenada						
Los utensilios de limpieza son lavados constantemente						
(f) _____ Supervisor de turno	(f) _____ Jefe de planta					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Nota: en el formato para el registro del orden y limpieza también se incluyen aspectos para mantener y controlar la inocuidad del producto en proceso y producto terminado, esto con el objetivo de evitar la contaminación cruzada.

## **2.3. Utilización de resinas recicladas en el proceso de coextrusión de polietileno**

Para la futura utilización de resinas recicladas dentro del proceso de coextrusión de polietileno se analizan pruebas para determinar el porcentaje adecuado de dichas resinas en la formulación total del sustrato final. Es importante cumplir con las variables críticas correspondientes al proceso, como coeficiente de fricción, sellabilidad, aspecto del sustrato y tratado corona.

### **2.3.1. Pruebas de coextrusión**

Las pruebas de coextrusión se realizan en sustratos cuya orden de producción expresa el consentimiento para utilizar resinas recicladas. El porcentaje de resinas recicladas va aumentando o disminuyendo según el cumplimiento de variables críticas en cada caso.

#### **2.3.1.1. Análisis de las pruebas**

Para el análisis de las pruebas se deben quitar tres vueltas a la bobina madre. Una vez tomadas las tres vueltas se corta un cuadro de 10 x 10 cm de la última vuelta para la toma de las variables críticas. Dichos datos deben quedar como constancia escrita en el cuaderno asignado a cada operador en el área de coextrusión para el registro de los parámetros de producción.

### 2.3.1.1.1. Sustratos normales

- Prueba no. 1

Realizada para empaque de leche utilizando el 15 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 25 %
- Capa "B" 60 %

Compuesta por:

- 25 % de polietileno lineal de baja densidad con aditivo
- 75 % de polietileno de baja densidad
- Capa "C" 15 %

Observaciones: sustrato libre de imperfecciones.

- Sellabilidad: Buena
- Tratado corona: 38 dinas
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,183

- Prueba no. 2

Realizada para empaque de consomé utilizando el 15 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 30 %
- Capa "B" 50 %

Compuesta por:

- 50 % de polietileno lineal de baja densidad
- 50 % de polietileno de baja densidad
- Capa "C" 20 %

Observaciones: sustrato libre de imperfecciones.

- Sellabilidad: Buena
- Tratado corona: 38 dinas
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,167

- Prueba no. 3

Realizada para empaque de consomé utilizando el 20 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 30 %
- Capa "B" 50 %

Compuesta por:

- 50 % de polietileno lineal de baja densidad
- 50 % de polietileno de baja densidad
- Capa "C" 20 %

Observaciones: sustrato libre de imperfecciones

- Sellabilidad: Buena
- Tratado corona: 38 dinas
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,168

- Prueba no. 4

Realizada para bolsa de cereal *Stand Up Pouch* utilizando el 20 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 25 %
- Capa "B" 50 %

Compuesta por:

- 40 % de polietileno lineal de baja densidad
- 10 % de pigmento blanco
- Capa "C" 25 %

Observaciones: el sustrato no presenta geles ni imperfecciones

- Sellabilidad: Buena
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,138
- Tratado corona: 36 dinas

- Prueba no. 5

Realizada para empaque de frituras utilizando el 20 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 20 %
- Capa "B" 70 %

Compuesta por:

- 25 % de polietileno de baja densidad
- 15 % de pigmento blanco
- 59 % de polietileno lineal de baja densidad con aditivo
- 1 % de antibloqueo
- Capa "C" 10 %

Observaciones: el sustrato no presenta imperfecciones.

- Sellabilidad: Buena
- Tratado corona: 38 dinas
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,187

Nota: el valor correspondiente al coeficiente de fricción fue tomado del lado del sustrato que no posee tratado corona.

#### **2.3.1.1.2. Sustratos termo encogibles**

- Prueba no. 1

Realizada para sustratos termo encogibles simples utilizando el 10 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 20 %
- Capa "B" 60 %

Compuesta por:

- 40 % de polietileno lineal de baja densidad metaloceno
- 35 % de polietileno de baja densidad

- - 25 % de polietileno de baja densidad con aditivo
- Capa "C" 20 %

Observaciones: el sustrato final no presenta geles, se encuentra libre de imperfecciones.

- Coeficiente de fricción estático: 0,47
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,31

- Prueba no. 2

Realizada para termo encogibles simples utilizando el 10 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 15 %
- Capa "B" 70 %
  - Compuesta por:
    - 25 % de polietileno lineal de baja densidad
    - 65 % de polietileno de baja densidad
    - 10 % de polietileno de alta densidad
- Capa "C" 15 %

Observaciones: no presenta geles, grumos o arrugas, sustrato libre de imperfecciones.

- Coeficiente de fricción estático: 0,53
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,36

- Prueba no. 3

Realizada para termo encogible impreso utilizando el 10 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 15 %
- Capa "B" 70 %  
Compuesta por:
  - 25 % de polietileno lineal de baja densidad
  - 55 % de polietileno de baja densidad
  - 10 % de polietileno de alta densidad
  - 10 % pigmento blanco
- Capa "C" 15 %

Observaciones: el sustrato presenta grumos en su superficie y opacidad.

- Tratado corona: 38 dinas
- Coeficiente de fricción estático: 0,434
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,365

- Prueba no. 4

Realizada para termo encogible impreso utilizando el 7 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 20 %



- Capa “B” 50 %  
Compuesta por:
  - 40 % de polietileno lineal de baja densidad
  - 10 % de pigmento blanco
- Capa “C” 30 %

Observaciones: sustrato libre de imperfecciones.

- Tratado corona: 38 dinas
- Coeficiente de fricción estático: 0,567
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,29

- Prueba no. 5

Realizada para termo encogible impreso utilizando el 7 % de resinas recicladas en la capa “B”.

Estructura del sustrato:

- Capa “A” 15 %
- Capa “B” 70 %  
Compuesta por:
  - 25 % de polietileno lineal de baja densidad
  - 55 % de polietileno de baja densidad
  - 10 % de polietileno de alta densidad
  - 10 % pigmento
- Capa “C” 15 %

Observaciones: el sustrato no presenta grumos ni geles, es decir, cumple con la calidad.

- Tratado corona: 38 dinas
  - Coeficiente de fricción estático: 0,432
  - Coeficiente de fricción dinámico: 0,36
- Prueba no. 6

Realizada para termo encogible impreso utilizando el 7 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 35 %
- Capa "B" 50 %
  - Compuesta por:
    - 50 % de polietileno lineal de baja densidad
    - 40 % de polietileno de baja densidad
    - 10 % de pigmento blanco
- Capa "C" 15 %

Observaciones: el sustrato se encuentra libre de imperfecciones

- Tratado corona: 38 dinas
  - Coeficiente de fricción estático: 0,513
  - Coeficiente de fricción dinámico: 0,391
- Prueba no. 7

Realizada para termo encogible impreso utilizando el 12 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 30 %
- Capa "B" 60 %  
Compuesta por:
  - 10 % de polietileno de media densidad
  - 40 % de polietileno lineal de baja densidad
  - 50 % de polietileno de baja densidad
- Capa "C" 10 %

Observaciones: el sustrato no presenta imperfecciones

- Tratado corona: 38 dinas
- Coeficiente de fricción estático: 0,439
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,283

- Prueba no. 8

Realizada para termo encogibles simples utilizando el 12 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 35 %
- Capa "B" 40 %  
Compuesta por:
  - 60 % de polietileno lineal de baja densidad
  - 40 % de polietileno de baja densidad
- Capa "C" 25 %

Observaciones: el sustrato se encuentra libre de imperfecciones

- Coeficiente de fricción estático: 0,467
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,37

- Prueba no. 9

Realizada para sustratos termo encogibles simples utilizando el 12 % de resinas recicladas en la capa "B".

Estructura del sustrato:

- Capa "A" 20 %
- Capa "B" 60 %
  - Compuesta por:
    - 40 % de polietileno lineal de baja densidad metaloceno
    - 35 % de polietileno de baja densidad
    - 25 % de polietileno de baja densidad con aditivo
- Capa "C" 20 %

Observaciones: el sustrato final no presenta geles, se encuentra libre de imperfecciones.

- Coeficiente de fricción estático: 0,498
- Coeficiente de fricción dinámico: 0,341

Nota: el valor correspondiente al coeficiente de fricción fue tomado del lado del sustrato que no posee tratado corona.

## **2.4. Readequación de la formulación de la mezcla de resinas para la coextrusión de nuevos productos**

La readequación de la mezcla de las resinas para la coextrusión de nuevos productos se basa en el análisis de las pruebas de coextrusión de polietileno realizadas. Mediante el análisis de las variables críticas se decide cuál es el porcentaje máximo de resinas recicladas a utilizar en futuros procesos de coextrusión siempre que se maneje la misma formulación en la orden de producción establecida.

### **2.4.1. Sustratos normales**

Al coextruir resinas cuyo producto final será un sustrato destinado a la laminación o impresión flexográfica el mayor problema es producir un lienzo libre de imperfecciones, como puntos negros, geles, arrugas o piel de pescado. Asimismo, la mayor preocupación en el uso de resinas recicladas es la inocuidad del sustrato de polietileno, por esta razón se añadió resinas recicladas únicamente en la capa intermedia del sustrato.

Mediante las pruebas de coextrusión de polietileno realizadas se puede determinar que el coeficiente de fricción, la sellabilidad y el tratado corona no se ven afectados significativamente por el uso de resinas recicladas en la formulación de sustratos normales destinados a procesos posteriores para finalmente convertirse en un empaque flexible.

Con el análisis de las pruebas se determina que el mayor porcentaje de resinas recicladas a utilizar en la coextrusión de sustratos normales es del 20 % sin que éste afecte la calidad del sustrato final.

Finalmente, el departamento de formulación y desarrollo adapta el porcentaje de reciclaje permitido dentro de la mezcla de las resinas de polietileno para ser utilizadas en la coextrusión de nuevos productos. Dichos productos deben poseer la misma formulación que las resinas recicladas.

#### **2.4.2. Sustratos termo encogibles**

Con base en las pruebas realizadas a sustratos termo encogibles impresos y simples se puede observar que al contener pigmento en la formulación y añadir un porcentaje igual al 10 % de resinas recicladas a la formulación el sustrato presenta imperfecciones, como grumos y geles. Estos defectos los puede ocasionar la incompatibilidad del pigmento y las resinas, también la temperatura de fusión manejada en el proceso puede dar lugar a defectos en la calidad del sustrato.

Por medio de las pruebas realizadas se determina que el máximo porcentaje de resinas recicladas que se utiliza en la formulación de termo encogibles pigmentados es del 7 %. Sin embargo, al producir un termo encogible que no lleva pigmento en su formulación se puede agregar hasta un 12 % de resinas recicladas sin problemas en la producción de dicho sustrato.

El procedimiento para la introducción de los porcentajes mencionados anteriormente es responsabilidad del departamento de formulación y desarrollo, ya que ellos se encargan de adaptar la formulación incluyendo las resinas recicladas para la coextrusión de nuevos productos.

## **2.5. Indicadores productivos**

Al analizar la producción desde un punto de vista sistemático en donde se da la transformación de insumos mediante un proceso productivo para brindar un producto o servicio final, es necesaria la implementación de indicadores productivos ya que permiten abrir camino a la mejora continua mediante el análisis y evaluación de los procesos.

### **2.5.1. Cálculo de la eficiencia**

El cálculo de la eficiencia se utilizará para medir el control que se ejerce sobre los insumos, la eficiencia se relaciona con el cumplimiento de una tarea y el empleo de los recursos para ejecutarla. En este caso, una corrida de producción empleando el mínimo gasto de recursos, ya sea tiempo, mano de obra o materiales.

La eficiencia está dada por:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{recursos programados}}{\text{recursos utilizados}} * 100$$

Siendo:

- Recursos programados: se obtienen con base en lo planeado por el departamento de planificación para el área de extrusión y coextrusión, es decir, los kilos de resinas a coextruir o el tiempo planeado.
- Recursos utilizados: son los kilos de resinas utilizadas o tiempo empleado para lograr dicha producción.

Mediante el análisis de este indicador se conocerá qué tan bien se están gestionando los recursos en el área de extrusión y coextrusión para posteriormente encontrar un camino hacia la mejora continua.

### **2.5.2. Ratio de calidad**

El ratio de calidad es un indicador básico de la calidad de un proceso, su uso en el área de extrusión y coextrusión permitirá conocer el porcentaje de piezas, en este caso kilos de material coextruido que se hacen bien a la primera vez, sin necesidad de reproceso o ajustes.

El ratio de calidad está dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Ratio de calidad} = \frac{\text{Unidades entrantes} - \text{desecho} - \text{unidades retrabajadas}}{\text{unidades entrantes}}$$

Siendo:

- Unidades entrantes: los kilos de resinas de polietileno que han entrado al proceso de coextrusión durante la toma de datos o el tiempo de análisis.
- Desecho: son los kilos de polietileno que han sido desechados por impurezas en la superficie tales como mosquitos, grumos o coloración no uniforme.
- Unidades re trabajadas: son los kilos de polietileno que han sido reprocesados por ajustes de tratado corona, coeficiente de fricción, opacidad, etc.



Este indicador también es útil para conocer qué tan efectivas son las medidas de estandarización del proceso de extrusión y coextrusión, mediante las metodologías propuestas y la utilización de los formatos para el registro de las condiciones de producción.

## **2.6. Aprovechamiento de resinas de polietileno**

Se basa en la utilización de un porcentaje máximo de resinas recicladas en la coextrusión de nuevos productos que contengan la misma formulación, por ejemplo, consomé en sus distintas presentaciones y empaques para frituras.

Antes de las pruebas, el porcentaje máximo permitido de resinas recicladas era el 10 % en la coextrusión de nuevos productos. Con el análisis de las pruebas realizadas se determinó que se puede utilizar hasta un 20 % sin ocasionar daños al lienzo final, por lo que el aprovechamiento de las resinas de polietileno para los sustratos normales fue del 10 % más.

Para sustratos termo encogibles sin pigmento hubo un aprovechamiento de resinas del 2 %, al estandarizar el proceso de coextrusión también se da una optimización de resinas al evitar no conformidades. Por esta razón, para termo encogibles pigmentados se redujo del 10 % que se utilizaba a un 7 % en la coextrusión de nuevos productos.

El aprovechamiento también propicia el uso de las resinas recicladas que no pueden ser utilizadas en la coextrusión de nuevos productos por contener un porcentaje mayor al 10 % de Elvax o Surlyn. Por ello, dichas resinas 100 % recicladas serán utilizadas para la producción de lienzos destinados a pruebas de impresión flexográfica, en vez de producir lienzos utilizando resinas

vírgenes. También se usarán como material de embalaje en el área de empaque ya que no contienen imperfecciones que impidan la protección del producto a embalar.

Finalmente, las resinas recicladas que cumplan con las características necesarias para la purga de la maquinaria del área de extrusión y coextrusión serán utilizadas para este fin, permitiendo que el desperdicio en el área de extrusión y coextrusión se mantenga al mínimo.

### **3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS RESINAS DE POLIETILENO Y LA ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE COEXTRUSIÓN**

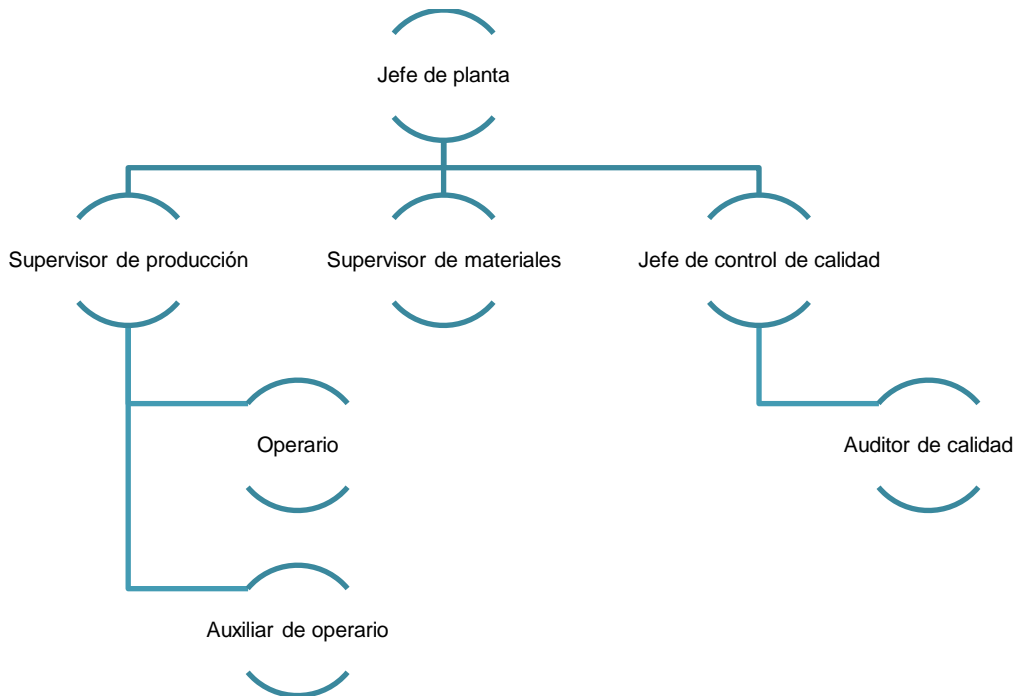
#### **3.1. Diseño de la estructura para aplicar la propuesta**

Para implementar la mejora propuesta y darle seguimiento necesita una estructura funcional dentro de la organización que permita el desarrollo de actividades de mejora continua.

##### **3.1.1. Estructura organizacional**

Para la implementación exitosa de la propuesta deberá crearse un departamento de calidad que realice auditorías internas para verificar que las especificaciones determinadas se apliquen adecuadamente. También debe asignarse un supervisor de materiales para asegurar, junto al departamento de calidad que las resinas son de primera calidad y presentan la compatibilidad necesaria para evitar inconformidades en el sustrato final de polietileno. (Ver figura 10)

Figura 18. **Diagrama organizacional propuesto**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

### 3.1.2. Descripción de puestos

Es importante resaltar que una descripción de puestos se basa en la naturaleza del trabajo, y no en el individuo que desempeña el puesto en la actualidad.

- Jefe de planta

Es responsable de la planeación, organización, integración y dirección de los recursos humanos y materiales, procurando que la producción de empaque flexible se realice conforme lo establecido en la documentación aplicable a cada

proceso de producción. También dirige a los mandos medios para que se lleven a cabo las estrategias de la organización para cumplir con los objetivos organizacionales.

- Supervisor de producción

Resolverá cualquier problema que se presente en la línea de producción apoyando al operario en cualquier aspecto que se necesite. Supervisará que la maquinaria y los operarios trabajen de acuerdo con el programa de producción y bajo los estándares de calidad establecidos.

- Operarios

Realizará el procedimiento de operación de la maquinaria y verificará que el producto cumpla con las especificaciones establecidas en la orden de producción correspondiente.

- Auxiliar de operario

Auxiliará al operario en cualquier actividad que así lo requiera.

- Supervisor de materiales

Verificará que los materiales utilizados en el área de extrusión y coextrusión, así como los utilizados en los otros procesos productivos, como laminación e impresión flexográfica sean de primera calidad garantizando su compatibilidad.

- Jefe de calidad

Administra y ejecuta las normas de calidad, según las especificaciones de los productos, asimismo, desarrollará el plan de mejora continua utilizando herramientas de calidad.

- Auditor de calidad

Auxiliará al jefe de calidad en la ejecución de auditorías y en la evaluación de proveedores para que cumplan con las especificaciones de calidad.

### **3.1.2.1. Perfil de puestos**

El perfil de puesto o especificación de puesto engloba todas las cualidades personales, conocimientos, capacidades y experiencias que debe poseer una persona para desempeñarse en determinado puesto.

Se detalla el perfil de puestos para el diagrama organizacional propuesto (ver figura 9) para la implementación exitosa de la propuesta de mejora.

- Jefe de planta

#### Perfil requerido

- Ingeniero colegiado activo industrial, mecánico industrial o químico
- Tres años de experiencia en industrias de plásticos
- Amplio conocimiento de normas ISO 9000, ISO 14000 y FSSC 22000
- Habilidad para el manejo de costos y presupuestos
- Conocimientos avanzados de Microsoft Office

- Inglés avanzado
- Proactivo y con habilidad de liderazgo.
- Supervisor de producción

#### Perfil requerido

- Pensum cerrado de ingeniería industrial, mecánico industrial o mínimo octavo semestre de la carrera de ingeniería.
- Mínimo experiencia de un año en industrias de plástico.
- Conocimientos de Microsoft Office.
- Proactivo, habilidad de liderazgo y trabajo en equipo.
- Buen manejo de personal.
- Disponibilidad de horario.
- Operarios

#### Perfil requerido

- Graduado a nivel medio
- Habilidad de operación de maquinaria
- Disponibilidad de horario
- Proactivo
- Auxiliar de operario

#### Perfil requerido

- Graduado a nivel medio
- Habilidad de operación de maquinaria
- Disponibilidad de horario

- Supervisor de materiales

Perfil requerido

- Pensum cerrado de ingeniería química
- Conocimientos de administración y procesos de producción
- Capacidad de análisis y manejo de personal
- Capacidad para manejo de inventarios
- Conocimientos de Microsoft Office

- Jefe de control de calidad

Perfil requerido

- Ingeniero industrial o químico graduado
- Conocimientos de normas de calidad (ISO 9000 Y FSSC 22000)
- Habilidad para la ejecución de planes de calidad
- Habilidad para el manejo de personal y trabajo en equipo
- Habilidad de liderazgo

- Auditor de calidad

Perfil requerido

- Estudiante de ingeniería industrial o química
- Conocimientos de normas de calidad
- Conocimiento de Microsoft Office
- Proactivo



### 3.1.3. Descripción de responsabilidades

La descripción de responsabilidades es una parte fundamental de la descripción de puestos ya que señala “qué” tarea se desempeña, “cómo” se desempeña y “por qué” se desempeña.

Se detalla ampliamente las tareas y responsabilidades de cada puesto especificado en el diagrama organizacional propuesto (ver figura 9).

#### Jefe de planta

- Responsable de la optimización de recursos humanos y materiales involucrados en el proceso productivo.
- Coordinar las actividades del personal a su cargo.
- Organizar, con el jefe de calidad, visitas a los clientes para solución de inconformidades.
- Gestionar todas las actividades para el desarrollo adecuado del sistema productivo.
- Coordinar con el departamento de mantenimiento las actividades preventivas para prolongar la vida útil de los equipos.
- Ejecutar y supervisar planes de seguridad industrial.
- Planear y ejecutar planes de capacitación y adiestramiento.
- Cumplir y hacer cumplir los manuales de procedimientos y buenas prácticas de manufactura.
- Reportar costos y cumplimiento de presupuestos a la alta gerencia.
- Velar por la calidad del producto terminado.
- Emitir informes, analizar resultados y generar reportes de producción para la toma de decisiones.
- Ejecuta planes de mejora continua.

- Planear y ejecutar planes integrales de manejo de plagas dentro de la planta y bodega.

#### Supervisor de producción

- Encargado de darle seguimiento al programa de producción aprobado por el jefe de planta.
- Velar porque se cumplan los estándares de calidad dentro del proceso productivo.
- Solucionar los problemas que se den en la línea de producción.
- Realizar reportes sobre el cumplimiento del plan de producción.
- Llevar un registro de los formatos utilizados para el manejo y control del proceso productivo.
- Velar por el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura.
- Supervisar que los operarios sigan la metodología de trabajo establecida.
- Velar por el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipo de la planta de empaque flexible.
- Motivar al personal operativo.
- Verificar asistencia del personal a su cargo.
- Tomar las decisiones oportunas para cumplir con la meta de producción.

#### Operarios

- Cumplir en todo momento con las buenas prácticas de manufactura.
- Colocar la materia prima en la máquina extrusora o coextrusora.
- Realizar la mezcla de las resinas vírgenes y reprocesadas.
- Controlar que el ciclo de producción se desarrolle adecuadamente.
- Velar por el buen uso de las herramientas y equipo.
- Realizar la limpieza establecida, tomando en cuenta las medidas de seguridad correspondientes.

- Realizar las pruebas de calidad correspondientes a cada sustrato producido.
- Llevar un registro de los parámetros de producción correspondientes a cada orden de trabajo.
- Reportar cualquier anomalía en el funcionamiento de la maquinaria.

#### Auxiliar de operario

- Ayudar en la limpieza de la maquinaria y equipo.
- Ayudar en el control de proceso productivo.
- Pesar las bobinas madres e hijas.
- Trasladar el producto terminado al área de laminación o impresión flexográfica según indique la orden de trabajo.
- Velar por el buen uso de la maquinaria y equipo.

#### Supervisor de materiales

- Responsable de que la materia prima cumpla con los estándares de calidad establecidos.
- Llevar un registro de la materia prima utilizada.
- Trabajar con el departamento de calidad para validar proveedores.
- Evaluar constantemente la calidad de la materia prima utilizada en el proceso productivo.
- Garantizar la existencia de materia prima para la producción de empaque flexible.
- Realizar reportes sobre la existencia de materia prima.

#### Jefe de control de calidad

- Desarrollar e implementar el sistema de gestión de calidad.

- Manejar internamente las quejas de los clientes y darles pronta resolución.
- Informar a la alta gerencia sobre el desempeño del sistema de gestión de calidad.
- Trabajar con el jefe de planta para establecer caminos de mejora continua.
- Supervisar el cumplimiento de las metodologías de trabajo estipuladas en el capítulo dos.
- Verificar el seguimiento de las mejoras mediante auditorías internas.
- Garantizar el cumplimiento de las metas programadas para el sistema de calidad e inocuidad.
- Asegurar que se establezcan e implementen las acciones necesarias para el buen desempeño del sistema de gestión de calidad e inocuidad.
- Garantizar la realización de las pruebas necesarias de calidad a los productos terminados.
- Ejecutar los programas de gestión ambiental de la empresa.

#### Auditor de calidad

- Auxiliar al jefe de calidad en la ejecución de auditorías internas.
- Planificar y organizar las auditorías internas.
- Elaboración o actualización de los instructivos de los procedimientos de la empresa.
- Evaluar el impacto que sufre la organización con la implementación de un sistema de gestión de calidad.

### **3.2. Publicación e implementación de los cambios realizados al instructivo del procedimiento**

Los procedimientos son herramientas para reducir errores relacionados con la comunicación deficiente, las variaciones en los productos que puedan ocasionar inconformidad y las fluctuaciones en el desempeño.

En el instructivo del procedimiento de extrusión y coextrusión de polietileno se establece qué debe hacerse, cuándo, cómo y quién debe hacerlo. Por esta razón, para implementar correctamente los cambios realizados al instructivo del procedimiento de extrusión y coextrusión de polietileno es necesario que todo el personal de la planta de empaque flexible, involucrado en el área de extrusión y coextrusión, conozca los cambios correspondientes a la operación, arranque y limpieza de la maquinaria. Estos cambios se pueden apreciar en la sección 2.1.1.1, 2.1.1.2, 2.1.1.3 para alcanzar un mejor aprovechamiento de las materias primas y del equipo utilizado.

Los cambios efectuados se darán a conocer quince días antes de implementarlos. Para ello, se organizarán reuniones semanales organizadas por el jefe de planta donde se conocerá la nueva metodología de trabajo y se aclararán dudas para evitar errores en la ejecución de dichos cambios.

El jefe de calidad emite copias controladas del instructivo, es decir una copia del instructivo sobre la cual existe un control y una responsabilidad para informar sobre actualizaciones que se realicen.

### **3.3. Publicación e implementación de los formatos para la estandarización del proceso**

El jefe de planta debe aprobar los formatos para la estandarización del proceso antes de publicarlos. El jefe de planta verificará si los formatos incluyen los factores claves dentro de la producción de sustratos de polietileno. Una vez aprobados, se enviarán al jefe de calidad para que emita una copia controlada de todos los formatos y serán publicados en la red interna de la empresa para su pronta adquisición al momento de requerirlos.

Los formatos correspondientes a la orden de elaboración y especificación de producto, reporte de producción, lista de control de procesos de producción y el registro para la inspección de orden y limpieza se darán a conocer a los supervisores y operarios en las reuniones semanales organizadas por el jefe de planta quince días previos a su implementación en la planta de empaque flexible. Los supervisores de producción entregarán los formatos al operario y verificarán que se llenen correctamente.

Con la implementación de los formatos para la estandarización del proceso de extrusión y coextrusión de polietileno se proporcionará evidencia objetiva de las actividades por realizar o resultados obtenidos en una corrida de producción, dichos formatos serán la base para:

- Demostrar conformidad con los requisitos de calidad
- Detectar necesidades de adiestramiento
- Trazabilidad
- Auditorías internas
- Asegurar la reproducibilidad de los resultados

Los formatos se deben almacenar en carpetas identificadas en un lugar protegidos contra deterioro o daño.

### **3.4. Entidades responsables**

Para implementar exitosamente la propuesta de mejora, se requiere el apoyo del personal administrativo o de producción, para optimizar los recursos utilizados en la producción de sustratos de polietileno de primera calidad.

#### **3.4.1. Gerencia**

Cuando en una organización se estandariza un proceso para el aprovechamiento de los recursos, se requiere el liderazgo activo de la alta administración. Por esta razón, la alta gerencia deberá comprometerse a llevar a cabo la implementación de las mejoras establecidas en el capítulo dos. Esto involucra la asignación de recursos, el apoyo con los conocimientos (*know – how*), agilidad y seguridad en la toma de decisiones críticas.

El apoyo indirecto de la gerencia para la optimización de resinas de polietileno y la estandarización del proceso de coextrusión se basa en:

- Autorizar al departamento de formulación y desarrollo la readecuación en la formulación de sustratos de polietileno utilizando resinas recicladas.
- Autorizar costos asignados al mantenimiento preventivo del área de extrusión y coextrusión.
- Apoyar planes de mejora continua.
- Facilitar capacitaciones a todo el personal involucrado en el proceso de extrusión y coextrusión.

### **3.4.2. Producción**

El departamento de producción es el motor de una organización dedicada a la transformación de insumos para brindar un producto final. Por ello, su objetivo principal es producir más a mejor calidad y con menor costo. Este objetivo solo se alcanzará optimizando los recursos involucrados en el proceso productivo haciéndolo bien a la primera vez.

Para la implementación de las mejoras propuestas para la optimización de las resinas de polietileno y la estandarización del proceso de coextrusión se requiere que el personal de la planta de empaque flexible se familiarice con las nuevas metodologías de trabajo y con los formatos de estandarización del proceso.

El jefe de planta, encargado del área productiva, debe brindar apoyo directo en lo siguiente:

- Cumplimiento de los estándares de calidad aplicables al área de extrusión y coextrusión de polietileno.
- Manejo adecuado de los formatos para la estandarización del proceso.
- Colaborar abiertamente con el departamento de planificación y mantenimiento para programar visitas, revisiones o actividades preventivas.
- Facilitar capacitación constante al personal de la planta de empaque flexible.
- Garantizar la inocuidad de los sustratos de polietileno previo a su conversión en empaque flexible.



### **3.5. Capacitación de los involucrados**

La capacitación es un aprendizaje que se comparte con los involucrados en la implementación de la propuesta de mejora para aumentar los conocimientos o cambiar actitudes y hábitos inapropiados al desempeñar su trabajo. Por lo tanto, es necesario entender que cuanto mayor sea el grado de formación y preparación del personal dentro de la organización, mayor será su nivel de productividad.

#### **3.5.1. Personal de nuevo ingreso**

Al seleccionar a un aspirante para integrarse a la organización se debe comprender que esa persona está expuesto a un ambiente de normas, políticas, procesos y costumbres ajenas a él. Por ello, la inducción y la capacitación del empleado son factores vitales en el buen desempeño del nuevo trabajador.

##### **3.5.1.1. Personal operativo**

Los métodos de capacitación del personal operativo se enfocan en la familiarización del nuevo operario con el proceso productivo.

###### **3.5.1.1.1. Por método de aprendices**

En la capacitación por el método de aprendices se desarrolla una relación maestro - aprendiz y existe una transferencia de aprendizaje directa donde se combina la instrucción teórica con la capacitación en el lugar de trabajo.

El jefe de planta podrá compartir la información teórica del trabajo mediante las charlas para el efecto, a todo el personal de nuevo ingreso. La capacitación en el lugar de trabajo estará a cargo de un operario experimentado.

Para este método de capacitación el proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

- Se brindará al operario de nuevo ingreso una descripción general del puesto y se darán a conocer los resultados que se esperan de él.
- El operario experto efectuará el trabajo para proporcionar una metodología de trabajo que se pueda imitar.
- El operario de nuevo ingreso deberá imitar el ejemplo brindado por el experto.

Las demostraciones y las prácticas deberán continuar por un tiempo prudente según el criterio del experto, hasta que el nuevo operario domine la técnica de trabajo.

- El operario de nuevo ingreso realizará el trabajo sin supervisión.

#### **3.5.1.1.2. Capacitación en el puesto**

En esta capacitación el operario de nuevo ingreso aprenderá una tarea o destreza mediante su desempeño real, bajo la guía de un supervisor o un compañero de trabajo en horas laborales.

El nuevo operario aprenderá con la práctica a llevar a cabo tareas como:

- Control del proceso mediante el panel de control.
- Verificación de variables críticas.

- Limpieza de la maquinaria y equipo.
- Verificación e interpretación del plano mecánico.
- Colocación de los cores a utilizar.
- Desmontaje de bobinas.
- Sujeción de la película de polietileno a la cortina base.

### **3.5.1.2. Personal no operativo**

Los métodos de capacitación del personal no operativo propician que el trabajador conozca los procesos productivos dentro de la organización, ya que de forma directa o indirecta estará relacionado con el proceso y es necesario que conozca las limitantes del mismo.

#### **3.5.1.2.1. Visitas técnicas a la planta de empaque flexible**

Las visitas técnicas a la planta permitirán que el personal de nuevo ingreso observe directamente el proceso para facilitar su aprendizaje.

Este método de capacitación brindará al personal de nuevo ingreso la oportunidad de:

- Adquirir conocimiento presencial de diversas realidades.
- Recibir retroalimentación directa e inmediata.
- Desarrollar capacidad de observación crítica.
- Contrastar conocimientos teóricos con experiencias prácticas.
- Facilitar la transferencia de conocimientos.
- En el caso de ser supervisor o jefe de planta permitirá encontrar posibles planes de mejora.

#### **3.5.1.2.2. Entrenamiento (*Coaching*)**

Este método de capacitación está orientado a formar en el personal gerencial y administrativo una actitud y mentalidad de liderazgo y equipo centrándose en el desarrollo de habilidades específicas para un mejor desempeño dentro de la organización.

En el entrenamiento el *coach* tiene amplia experiencia en el puesto de la persona a orientar, por lo tanto, es la persona responsable de instruirla, formarla y guiarla para mejorar la forma como se desempeña en su puesto de trabajo. Este método también se focaliza en el desarrollo de problemas en el trabajo para alcanzar objetivos específicos e inmediatos.

#### **3.5.2. Actualización del personal**

La actualización del personal es necesaria para que se conozcan todas las variantes, actualizaciones o factores que son importantes dentro del proceso productivo, también permite que el personal conozca los nuevos planes de mejora propuestos.

##### **3.5.2.1. Capacitación en el puesto**

El personal conocerá todas las actualizaciones o planes de mejora propuestos en el puesto de trabajo mediante la práctica real de las asignaciones. Si existiesen dudas sobre la ejecución de dichas asignaturas el jefe inmediato las resolverá y brindará el apoyo necesario para la correcta ejecución de la tarea.

### **3.5.2.2. Métodos audiovisuales**

Para este método de actualización del personal, se utilizarán videos y presentaciones para reforzar el conocimiento de los trabajadores.

Los temas que se trabajarán se relacionarán con:

- Buenas prácticas de manufactura
- Seguridad industrial
- Nuevas certificaciones
- Calidad e inocuidad
- Servicio al cliente

Se recomienda que la duración del material audiovisual no exceda los 15 minutos y que se intercalen casos o material impreso entre cada intervención.



## **4. SEGUIMIENTO DE LA MEJORA CONTINUA PARA EL PROCESO DE COEXTRUSIÓN DE POLIETILENO**

### **4.1. Evaluación del personal contratado**

Es una herramienta para conocer objetivamente el desempeño del personal y su potencial de desarrollo, identificando focos de mejora.

La evaluación del personal permitirá:

- Establecer estrategias de mejoramiento continuo.
- Mantener niveles de eficiencia y productividad acorde con los requerimientos de la empresa.
- Aprovechar los insumos asignados al área de extrusión y coextrusión.
- Medir el rendimiento del personal del área de extrusión y coextrusión.

#### **4.1.1. Propuesta de desarrollo**

Se muestra el formato que se utilizará para la prueba por escala de puntuación y por el método de selección forzada. Dichas pruebas serán aplicadas al personal del área de extrusión y coextrusión de polietileno.

##### **4.1.1.1. Por escalas de puntuación**

Se muestra el formato a utilizar para la evaluación del desempeño por escalas de puntuación.

Figura 19. Formato para la evaluación por escalas de puntuación

<b>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO</b>				
Instrucciones para el evaluador: indique la escala de puntuación correspondiente a su evaluación del empleado.				
Nombre del empleado: _____				
Departamento /área: _____				
Nombre del evaluador: _____ Fecha: _____				
FACTORES	DEFICIENTE 0-25	REGULAR 26-50	BUENO 51-75	EXCELENTE 76-100
Confiabilidad				
Asistencia				
Cooperación				
Compañerismo				
Iniciativa				
Actitud				
Determinación				
Producción (cantidad de trabajo realizado)				
Conocimiento del trabajo (experiencia en el trabajo)				
Calidad (esmero en el trabajo)				
Comprensión de situaciones (capacidad para resolver problemas)				
Realización (capacidad de hacer)				
Utilización del equipo (gestiona adecuadamente los recursos)				
Manejo apropiado de la documentación				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.



#### 4.1.1.2. Método de selección forzada

Se muestra el formato a utilizar en la evaluación por el método de selección forzada.

Figura 20. Formato para la evaluación por selección forzada

<b>EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO</b>					
Instrucciones para el evaluador: marque una "X" según corresponda a su evaluación del empleado en las columnas de decisión.					
Nombre del empleado: _____					
Departamento /área: _____					
REFERENTE	SI	NO	REFERENTE	SI	NO
Solo hace lo que le ordenan			Pide ayuda de ser necesario		
Buena actitud			Mantiene su archivo siempre ordenado		
Acepta críticas constructivas			Presenta disminución de producción		
No produce cuando está bajo presión			Es dinámico		
Cortes con los demás			Interrumpe constantemente el trabajo		
Cumple siempre con las buenas prácticas de manufactura			Respeto el horario de trabajo		
Duda al tomar decisiones			Se deja influir		
Merece toda la confianza			Tiene buen potencial por desarrollar		
Tiene poca iniciativa			Nunca se muestra desagradable		
Tiene buena apariencia personal			Hace buenas sugerencias		
En su trabajo siempre hay errores			Le gusta reclamar		
Se expresa con dificultad			Tiene criterio para la toma de decisiones		
Conoce su trabajo			Regularmente debe llamársele la atención		
Es cuidadoso con las instalaciones de la empresa			Espera siempre una recompensa		
Nombre del evaluador: _____ Fecha: _____					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

## **4.2. Auditorías de calidad**

La norma ISO 9001: 2008 se refiere a una auditoría de calidad como un examen ordenado y sistemático que se realiza para determinar si las actividades y resultados relativos a la calidad cumplen con las disposiciones establecidas, y si estas disposiciones son adecuadas para alcanzar los objetivos deseados.

Las auditorías de calidad en la planta de empaque flexible se realizarán conforme a:

- Los requisitos de la empresa para el sistema de gestión de calidad.
- Los requisitos de la norma ISO 9001: 2008

Al realizar auditorías de calidad la empresa busca:

- Evaluar el sistema de gestión de calidad.
- Motivar y comprometer al personal con procesos internos más eficientes.
- Ahorrar tiempo, dinero y recursos.
- Comprobar que el sistema de gestión de calidad es capaz de satisfacer al cliente interno o externo.

### **4.2.1. Planeación de la auditoría**

Esta parte de la auditoría es fundamental ya que especifica aspectos importantes de la auditoría de calidad, como el programa de la auditoría, el alcance, la preparación y las actividades a realizar. Además, de esta etapa depende la estrategia de trabajo a seguir y el éxito del proceso auditor.

La etapa de planeación de la auditoría de calidad sirve para organizar, preparar y desarrollar el proceso auditor a fin de obtener los mayores beneficios y satisfacer las expectativas propuestas en el plan de auditoría.

#### **4.2.1.1. Programa trimestral de auditorías**

El programa de auditorías consiste en la elaboración de un cronograma de las actividades entre las cuales se incluyen: reunión de apertura, recorrido de la planta de empaque flexible, evaluación, reuniones intermedias y reunión de cierre.

El jefe del departamento de calidad elaborará el programa de auditorías internas para auditar el sistema de calidad trimestralmente. Si fuere necesario, se puede modificar la frecuencia del plan auditor con base a:

- Resultados anteriores obtenidos en auditorías internas o externas
- Número de inconformidades elevado durante determinado tiempo

#### **4.2.1.2. Selección del equipo auditor**

La norma ISO 19011 titulada Directrices para la auditoría de sistemas de gestión establece que los auditores del sistema de gestión deben tener el conocimiento y habilidades específicas correspondientes a la disciplina o sector a auditar. Sin embargo, no especifica conocimientos técnicos o habilidades que sean indispensables para poder fungir como auditor en un proceso de auditoría. Tomando en cuenta dicha aclaración, la persona encargada de la selección del equipo auditor será el jefe del departamento de calidad y bajo su criterio se determinará el perfil de los futuros integrantes del equipo auditor.

El equipo encargado de realizar la auditoría de calidad estará formado por un auditor líder y auditores internos que desarrollarán la auditoría. Para fungir como auditor líder el candidato debe cumplir como mínimo lo siguiente:

- Nivel de educación: graduado en cualquier carrera de ciencias / conocimientos sólidos de calidad.
- Experiencia laboral: 3 años.
- Experiencia en sistemas de gestión: 1 año.
- Formación como auditor: 40 horas.
- Experiencia en auditorías: 3 auditorías de formación.

El perfil del resto de los integrantes del equipo auditor debe cumplir, como mínimo, con lo siguiente:

- Nivel de educación: Graduado a nivel diversificado de bachiller o perito contador.
- Formación como auditor: Aprobar el curso de formación de auditor interno.
- Experiencia en auditorías: 2 auditorías de formación.
- Experiencia laboral: 2 años.

Para que la auditoría de calidad sea exitosa se debe asegurar su imparcialidad y objetividad. Por esta razón, los involucrados en el equipo auditor no deben tener responsabilidad directa sobre el área a auditar.

Al terminar la auditoría interna de calidad se evaluará el desempeño de los integrantes del equipo auditor para mantener un equipo competente, motivado y comprometido con el sistema de gestión de calidad.

Se evaluarán bajo los siguientes aspectos:

- Cumplimiento pleno del plan de auditoría
- Cumplimiento de las fechas establecidas
- Informe de auditoría coherente, conciso y objetivo
- Conclusiones objetivas y precisas
- Buena relación con el personal auditado

#### **4.2.1.3. Definir alcance de la auditoría**

El alcance de la auditoría se refiere a los límites que cubrirá, es decir la ubicación, qué departamentos de la organización, actividades o procesos van a ser auditados, asimismo, se estipula el tiempo programado para su ejecución.

La norma ISO 19011 determina que el alcance de la auditoría puede variar dependiendo la funcionalidad y temas significativos para el sistema de gestión a ser auditado. Para este caso, el alcance de la auditoría de calidad realizada a la planta de empaque flexible se limita al departamento de producción, específicamente auditará el proceso de extrusión y coextrusión de polietileno.

Nota: para llevar a cabo la auditoría de calidad dentro de la planta de empaque flexible, un diagrama de las instalaciones es una buena herramienta para que el equipo auditor conozca claramente el área física a ser auditada.

#### **4.2.1.4. Preparación de la auditoría**

La preparación de la auditoría requerirá:

- Conocer el propósito y alcance de la auditoría, es decir el por qué y qué será auditado.
- Revisar y evaluar de la documentación  
El equipo auditor debe preparar:
  - Las listas de verificación de los elementos correspondientes a auditar.
  - Reportes de no conformidad.
  - Formato para el registro de asistencia del personal a las reuniones de la auditoría.
- Preparar el plan de auditoría
  - Deberá contener lo siguiente: hora y duración estimada de la auditoría, las funciones y responsabilidades del equipo auditor y la asignación de los recursos necesarios para llevar a cabo la auditoría.

El líder de la auditoría de calidad y el jefe del departamento de calidad desarrollarán el plan de auditoría 15 días antes de su ejecución, posteriormente, el auditor líder debe distribuir la información del plan de auditoría a los departamentos y a los auditores internos involucrados, 8 días antes de la ejecución de la auditoría.

#### **4.2.1.5. Actividades para la auditoría**

Toda auditoría en sitio está formada por actividades de planificación, la ejecución del plan definido y la evaluación de los resultados de la auditoría.

En la etapa de planificación se realizarán las siguientes actividades:

- Determinar de la estrategia a seguir.
- Decidir cómo se organizará la auditoría. Puede ser de acuerdo con:
  - Los procesos de producción. Por ejemplo, en la producción de empaque flexible se puede dividir en: coextrusión, laminación, impresión flexográfica, corte y bolseado.
  - Las áreas de trabajo. Por ejemplo, producción, embalaje y despacho.
  - Los departamentos de la organización. Por ejemplo: compras, producción, ventas, recursos humanos.
- Revisar los procedimientos, manuales y registros
- Programar de pruebas o ensayos
- Seleccionar del equipo auditor

En la etapa de ejecución de la auditoría se debe cuestionar o solicitar lo siguiente:

- ¿por qué? y ¿quién?
- Muéstreme cómo lo hace
- ¿Cuándo haría eso?
- ¿Cómo se hace eso?
- ¿Dónde se guarda eso?
- Evitar preguntas cerradas

En la ejecución puede ser perjudicial si los involucrados toman una actitud de desempeñarse perfectamente, esta actitud puede afectar los resultados de la auditoría. Por esa razón la periodicidad de las auditorías es elemental para detectar posibles desviaciones o focos de fallas.

Finalmente, en la etapa de evaluación se pretende obtener una valoración objetiva para medir la evolución de la implementación del sistema de calidad.

#### **4.2.2. Desarrollo de la auditoría**

- Reunión de apertura: es el primer paso en el proceso de la auditoría de calidad, en esta reunión se deberá:
  - Presentar al equipo auditor.
  - Registrar asistencia de involucrados.
  - Revisar el alcance, objetivos y el plan de auditoría
  - Proveer un breve resumen sobre la metodología y los procedimientos a emplear.
  - Hay que confirmar que los recursos requeridos estén disponibles
  - Revisar los procedimientos de seguridad y emergencia aplicables al equipo auditor.
  - Permitir al auditado la oportunidad de formular preguntas relacionadas a la auditoría en sitio.
  
- Recolección de información: para que la información dentro de la auditoría de calidad pueda ser considerada evidencia relevante en el proceso de evaluación, debe ser analizada, interpretada y documentada por el equipo auditor, lo cual permitirá establecer si los criterios de la auditoría se están cumpliendo.

La información debe obtenerse de manera clara mediante entrevistas, observación directa y revisión de documentos aplicables. Las declaraciones que no puedan ser confirmadas con el respaldo de documentos o registros deben identificarse como tal.



Para la declaración de los hallazgos se deberá:

- Revisar el hallazgo
- Describir la no conformidad
- Establecer evidencia objetiva
- Indicar el procedimiento y revisión aplicables

#### **4.2.3. Indicadores**

En un sistema de producción es importante que haya indicadores de gestión, dado que permiten la ejecución de ciclos de mejora continua, además de funcionar como parámetros para la evaluación de procesos.

Tomando en cuenta que ninguna norma establece específicamente cuales son los indicadores que se utilizarán para evaluar algún proceso. El primer paso para elegir dichos indicadores claves es saber cuáles son los aspectos más relevantes para la empresa que requieren de una medición periódica.

Una vez conocidos los aspectos fundamentales se elige el indicador que más se adapte a ellos. El siguiente paso es controlarlos por medio de medición constante para que con base a los resultados se puedan lograr mejoras en el sistema de gestión de calidad.

Los indicadores fundamentales en el área de extrusión y coextrusión de polietileno son los siguientes:

#### 4.2.3.1. Productividad de mano de obra

Se utilizará para medir el número de unidades producidas por hora de mano de obra trabajada.

Para el cálculo de la productividad de mano de obra se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad MO} = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{tiempo empleado en la producción} * \text{número de operarios}}$$

Donde:

- Unidades producidas: son los kilos extruidos y coextruidos en el período observado

Este indicador se puede encontrar de forma monetaria en algunas plantas de producción, es decir, en lugar de unidades producidas se colocaría la suma del valor de dichas piezas. El cálculo realizado de dicha manera dificulta que los operarios comprendan el indicador, aunque son ellos los responsables que dicho indicador aumente.

Durante la auditoría también es de suma importancia calcular un punto de comparación utilizando un índice de productividad, para lo que aplicará la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{\text{productividad observada}}{\text{estándar de productividad}} * 100$$

Donde:

- Productividad observada: es la productividad medida durante el periodo definido de la auditoría (día, semana, mes, año).
- Estándar de productividad: es la productividad base o anterior que se utilizará de referencia.

#### **4.2.3.2. Nivel de desperdicio**

Un índice alto de desperdicio no se da en condiciones de operación eficientes ya que no es inherente al proceso. Por ello, se debe evitar y controlarlo constantemente.

El índice que se debe calcular es la relación de los productos rechazados en el proceso productivo y se utilizará la siguiente formula:

$$ID = (\text{unidades defectuosas} / \text{unidades producidas}) * 100$$

Con las medidas de estandarización implementadas el índice de desperdicio no debe ser elevado. El equipo auditor deberá dejar evidencia objetiva de la no conformidad identificada como desperdicio y de la causa que la provocó.

#### **4.2.3.3. Eficiencia general de los equipos**

Este indicador también es conocido como OEE (la sigla corresponde al nombre en inglés *overall efficiency equipment*). Es una medida de la capacidad de una máquina para realizar una operación de acuerdo con los estándares de

calidad, en la frecuencia deseada y sin interrupciones. Mide también la disponibilidad, eficiencia y ratio de calidad de un equipo para un producto dado.

Para calcularlo se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{OEE (\%)} = \text{disponibilidad} * \text{eficiencia} * \text{ratio de calidad}$$

Donde:

- Disponibilidad: se puede ver afectada por averías, encendidos o paradas de la máquina. Para su cálculo se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo operativo}}{\text{tiempo disponible de la máquina}}$$

El tiempo disponible es aquel en el cual la máquina podría estar produciendo teóricamente y el tiempo operativo es el disponible neto menos las paradas realizadas, ya sean por mantenimiento preventivo, reuniones del personal, paradas por cambio de orden de producción o averías.

- Eficiencia está dada por:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{recursos programados}}{\text{recursos utilizados}} * 100$$

- Ratio de calidad está dado por:

$$\text{Ratio de calidad} = \frac{\text{Unidades entrantes} - \text{desecho} - \text{unidades retrabajadas}}{\text{unidades entrantes}}$$

El equipo auditor tomará los datos con base en un periodo de trabajo establecido con anterioridad, para que los indicadores sean una herramienta que muestre el desempeño del área de extrusión y coextrusión de polietileno y posteriormente dichos indicadores sean la base para la toma de decisiones en el camino de la mejora continua.

#### **4.2.4. Finalización de la auditoría**

La auditoría interna de calidad finaliza con una reunión de cierre cuyo propósito es dar a conocer al auditado los resultados obtenidos durante la auditoría. Los desacuerdos con base en los resultados deben ser resueltos previo a la emisión del informe final de auditoría.

En esta reunión el auditor líder deberá:

- Explicar los hallazgos y evidencias de forma precisa
- Estar preparado para justificar o sustentar los hallazgos
- Rechazar las soluciones rápidas como única solución ante un hallazgo
- Evitar involucrarse en discusiones
- Evitar dar recomendaciones o consejos

Una vez realizada la reunión de cierre el auditor líder deberá emitir el informe final de la auditoría basándose en los reportes de no conformidad de los auditores internos, el informe debe presentarse al responsable en un plazo no mayor a 5 días.

El informe incluirá:

- Datos generales de la auditoría (alcance, objetivos, plan de auditoría)
- Número de no conformidades

- Conclusiones de la auditoría
- Copia de los reportes de no conformidad

### **4.3. Retroalimentación del personal**

La retroalimentación es una herramienta para compartir con el personal las sugerencias, preocupaciones y observaciones identificadas en el proceso para mejorar constantemente. Además, se eliminan errores y hábitos incorrectos del equipo de trabajo. Asimismo, mejora la comunicación dentro de la organización y evita errores ocasionados por una mala interpretación de la información.

#### **4.3.1. Métodos audiovisuales**

Para este método de retroalimentación se utilizarán videos y presentaciones para refrescar y reforzar el conocimiento del personal de la planta de empaque flexible.

El contenido de la retroalimentación se dividirá de la siguiente forma:

- Procesos de producción de empaque flexible.
- Conceptos básicos *HACCP*.
- Buenas prácticas de manufactura dentro de la planta de empaque flexible.
- Control integral de plagas.
- Mantenimiento preventivo.
- Programas para la limpieza de la maquinaria y equipo.
- Normas de calidad.

#### **4.3.2. Reuniones semanales**

Se llevarán a cabo todos los días lunes y serán organizadas por el jefe de planta. En estas reuniones se darán a conocer las preocupaciones, dudas, asuntos importantes y los resultados de la actividad productiva, también se conocerá el plan de producción y se evaluará el desempeño de la semana anterior.

La asistencia a las reuniones semanales es obligatoria para todo el personal de la planta de empaque flexible.





## CONCLUSIONES

1. Mediante el análisis del diagrama de Ishikawa se determinó que el proceso de coextrusión de polietileno carece de una metodología de trabajo estandarizada. Asimismo, la documentación y registro del proceso es inexistente u obsoleta, también existe una supervisión deficiente y una mala planeación del mantenimiento preventivo lo cual dificulta el óptimo aprovechamiento de los recursos involucrados en la producción ya que causa un alto índice de inconformidades.
2. El índice de desperdicio promedio en el área de coextrusión de polietileno es del 11,88 % ocasionado por fallas dentro del proceso o incumplimiento de las variables críticas inherentes al proceso de coextrusión.
3. La calidad del sustrato final de polietileno se ve afectado por factores internos tales como metodologías empíricas de trabajo, mal mantenimiento de las máquinas coextrusoras y mala supervisión del proceso, asimismo, factores externos, como la inestabilidad en la calidad de las resinas plásticas ofrecidas por los proveedores afectan negativamente el proceso, impidiendo mantener la calidad del sustrato final ya que son resinas muy pegajosas al momento de coextruir u ocasionan defectos al mezclarse con aditivos.
4. En las pruebas de calidad realizadas a sustratos tricapa en cuya formulación se manejó un porcentaje variable de resinas recicladas, las variables críticas tales como tratado corona, coeficiente de fricción y

sellabilidad no se vieron afectadas negativamente por la utilización de material reciclado, por lo tanto la utilización de resinas recicladas en la coextrusión de nuevos productos bajo los porcentajes establecidos es aceptada.

5. Para la optimización de las resinas de polietileno y la reducción del índice de desperdicio en el área de extrusión y coextrusión, el porcentaje máximo de resinas recicladas que se utilizarán en la coextrusión de sustratos normales es del 20 %, para sustratos termo encogibles normales o impresos es del 12 % y para termo encogibles pigmentados es del 7 %.
6. El uso de resinas recicladas en la coextrusión de nuevos productos contribuye a disminuir el costo de materia prima dependiendo el porcentaje de reciclaje permitido en cada formulación, ya que el costo por kilo para transformar en granza los sustratos de polietileno no conformes es de \$ 0,20 independientemente de la formulación utilizada.
7. La estandarización y documentación de los procedimientos de operación, purga, limpieza y mantenimiento de las máquinas coextrusoras permite un mejor control sobre las variables críticas del proceso, produciendo sustratos que cumplan con las especificaciones del cliente evitando un costo por reproceso.

## RECOMENDACIONES

1. Para lograr el máximo aprovechamiento de los recursos involucrados en la producción de lienzos de polietileno se debe manejar un proceso estandarizado donde su documentación se encuentre ordenada y actualizada para que el personal conozca la manera correcta de realizar los procedimientos facilitando el trabajo del supervisor.
2. Para evitar el aumento del índice de desperdicio es necesario que los supervisores del área de coextrusión verifiquen que los procedimientos relacionados con la producción de lienzos de polietileno se estén cumpliendo adecuadamente y según este estipulado en los instructivos del área.
3. Para que la calidad del lienzo final de polietileno no se vea afectada por factores internos se debe dar a conocer los instructivos y documentación del proceso de coextrusión al personal involucrado, también se deben crear estándares de calidad y evaluar a los proveedores para establecer si cumplen con dichos estándares.
4. Para mantener la inocuidad y calidad del lienzo final de polietileno las resinas recicladas se deben ajustar a la formulación correspondiente únicamente en la capa B o capa intermedia del lienzo.
5. Para ajustar un porcentaje de resinas recicladas en la formulación de nuevos productos dichas resinas recicladas deben ser de la misma

formulación del producto a coextruir y de la misma calidad para evitar problemas en el aspecto del lienzo.

6. Los porcentajes de reciclaje establecidos como máximos no se deben sobrepasar por ninguna razón ya que podrían ocasionar problemas en el aspecto del lienzo final, como opacidad o grumos, el excedente de reciclaje puede usarse en la purga de la maquinaria o en pruebas de impresión flexográfica.
7. Es indispensable que los procedimientos y el manejo de los registros y documentación pertinente al proceso de coextrusión de polietileno sea del conocimiento de todos los involucrados, esto se puede realizar con una capacitación que debe ser impartida por el jefe de planta o un supervisor asignado para realizar dicha tarea.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CARRANZA GUZMÁN, Lennin Rafael. *Programa de operación y mantenimiento de extrusoras para la manufactura de bobina plástica a base de polietileno*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004.143 p.
2. *Extrusión de materiales plásticos*. [en línea]. <<http://tecnologiadelosplastogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>>. [Consulta: 9 de septiembre de 2015].
3. FERRET CAMPOVERDE, Juan Luis. *Rehabilitación, operación y mantenimiento de una extrusora de compuestos de polímeros*. Tesis (Ingeniero Mecánico). Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en mecánica y ciencias de la producción, 2008. [en línea]. <<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/12000/1/Tesis%20Juan%20Luis%20Ferret%20C%20200305423.pdf>>. [Consulta: 9 de septiembre de 2015].
4. KALPAKJIAN, Serope, SCHMID, Steven R. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. [en línea]. <[https://books.google.com.gt/books?id=gilYI9\\_KKAoC&pg=PA318&lpg=PA318&dq=extrusion+libros&source=bl&ots=mo7MzYvsJB&sig=Hy9mvC1pjEx0v66tILTzk7eU6Q&hl=es&sa=X&ved=0CDoQ6A](https://books.google.com.gt/books?id=gilYI9_KKAoC&pg=PA318&lpg=PA318&dq=extrusion+libros&source=bl&ots=mo7MzYvsJB&sig=Hy9mvC1pjEx0v66tILTzk7eU6Q&hl=es&sa=X&ved=0CDoQ6A)>

EwBjgKahUKEwjhv9zCs4blAhVHbR4KHR3IDbs#v=onepage&q&f=false>. [Consulta: 10 de septiembre de 2015].

5. *Manual de normas de calidad de envase y empaque*. [en línea]. <<http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/01/man-nor-cal-env-emp-hist.pdf>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2015].
6. MARTÍNEZ, Antonio. *Coextrusión*. [en línea]. <[http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/7381D4D08275908BC1256F250063FA93/\\$FILE/Coextrusi%C3%B3n.%20INICIATIVAS%20%20PL%C3%81STICAS.pdf?OpenElement](http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/7381D4D08275908BC1256F250063FA93/$FILE/Coextrusi%C3%B3n.%20INICIATIVAS%20%20PL%C3%81STICAS.pdf?OpenElement)>. [Consulta: 9 de septiembre de 2015].
7. MARTÍNEZ, Felipe, ARROYO, Isabel. *La Coextrusión. Una herramienta para lograr diferenciación en el mercado*. [en línea]. <[http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh\\_0032/0901b80380032569.pdf?filepath=plastics\\_la/pdfs/noreg/002-00092.pdf&fromPage=GetDoc](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_0032/0901b80380032569.pdf?filepath=plastics_la/pdfs/noreg/002-00092.pdf&fromPage=GetDoc)>. [Consulta: 10 de septiembre de 2015].
8. *Procesos de Extrusión*. [en línea]. <[http://www.coinser.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=24&Itemid=7](http://www.coinser.com/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=7)>. [Consulta: 9 de septiembre de 2015].
9. RAMOS, Luis Francisco. *Extrusión de plásticos: Principios básicos*. México: Limusa, 2013. 188p. ISBN: 978-607-05-0524-9.
10. REYNOSO RUÍZ, Miguel Esaú. *Control de calidad estadístico en el proceso de extrusión de películas de plástico de polipropileno*.

Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 160 p.

11. SERRANO CERMEÑO, Zoilo. *Construcción de invernaderos*. [en línea].  
<[https://books.google.es/books?id=Glip3Q7T9mEC&pg=PA123&hl=es&source=gbs\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=Glip3Q7T9mEC&pg=PA123&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)>.  
[Consulta: 10 de septiembre de 2015].