

**UNIVERSIDAD  
HISPANOAMERICANA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA QUE PERMITA DISMINUIR EL  
PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE  
AUTOMÁTICO EN LA EMPRESA POLYMER  
S.A. EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN, EN EL  
AÑO 2021.**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR POR BACHILLERATO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE: RAQUEL VANESSA PÉREZ VIALES**

**TUTOR: ING. JUAN CARLOS SÁNCHEZ CASCANTE**

**ALAJUELA, FEBRERO, 2021**

# DECLARACIÓN JURADA

Yo Raquel Vanessa Pérez Viales, mayor de edad, portador de la cedula de identidad número 1-11415-0646 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamérica, hago constar por este acto y debidamente apercibo y entiendo las penas y consecuencias con las que castiga en el código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en la carrera Ingeniería, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Determinar una propuesta que permita disminuir el porcentaje de desperdicio de automático en la empresa Polymer S.A. en el área de extrusión, en el año 2021**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derechos Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicadas en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos, que puedan considerar como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicios del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público, en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Alajuela, a los 05 días del mes de noviembre del año dos mil veintiuno.



---

Raquel Vanessa Pérez Viales

Cedula: 1-11415-0646

# CARTA DEL TUTOR

## CARTA DEL TUTOR

San José, 3 de Noviembre de 2021

**Destinatario**  
**Carrera Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

La estudiante Raquel Vanessa Pérez Viales, cédula de identidad número 1-1415-0646 me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DETERMINAR UNA PROPUESTA QUE PERMITA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE AUTOMÁTICO EN LA EMPRESA POLYMER S.A. EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN, EN EL AÑO 2021", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	8%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	15%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	15%
	TOTAL		83 %

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente, **JOAN CARLOS SANCHEZ CASCANTE (FIRMA)**  
Firmado digitalmente por  
JOAN CARLOS SANCHEZ  
CASCANTE (FIRMA)  
Fecha: 2021.11.03  
08:06:36 -06'00'

**Juan Carlos Sánchez Cascante**  
**Cédula identidad 108560903**  
**Carné Colegio Profesional IPI-22140**

# CARTA DEL LECTOR

Heredia, 11 de enero de 2022.

**Señores**  
**Servicios estudiantiles**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

El estudiante Raquel Vanessa Pérez Viales, cédula de identidad 1-1415-0646, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "PROPUESTA QUE PERMITA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE AUTOMÁTICO EN LA EMPRESA POLYMER S.A. EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN, EN EL AÑO 2021", el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

Ana Catalina  
Leandro Sandí

Firmado digitalmente  
por Ana Catalina  
Leandro Sandí  
Fecha: 2022.01.11  
18:44:47 -06'00'

**Ing. Ana Catalina Leandro Sandí**  
**Cédula identidad: 3-0398-0478**  
**Carné Colegio Profesional: IPI-22762**



## Acta de Graduación

Ante el Tribunal Calificador de la Universidad Hispanoamericana, integrado por: **Ing. Federico Salazar Jiménez**, representante dirección de carrera, **Ing. Juan Carlos Sánchez Cascante** tutor y **Ing. Ana Catalina Leandro Sandi** lectora, se presenta a la postulante **Pérez Viales Raquel Vanessa** Cédula n° **1-1415-0646** quien hace defensa pública de su trabajo final de graduación, titulado: **"PROPUESTA QUE PERMITA DISMINUIR EL PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE AUTOMÁTICO EN LA EMPRESA POLYMER S.A. EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN, EN EL AÑO 2021"**. Para optar por el grado académico de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**.

Una vez escuchada la exposición del postulante y habiendo procedido al período de preguntas por parte de los miembros del Tribunal, se procede en privado a la deliberación de rigor y se concluye que a la estudiante: **Pérez Viales Raquel Vanessa**, ha aprobado su requisito de graduación con un puntaje de 86 en la escala de 0 a 100.

**Firmado en la Universidad Hispanoamericana el día: jueves 20 de enero del 2022.**

Director(a) de Carrera:



---


JOAN CARLOS SÁNCHEZ  
CASCANTE (FIRMA) Firmado digitalmente por JOAN CARLOS  
SÁNCHEZ CASCANTE (FIRMA)  
Fecha: 2022.01.20 18:40:05 -0600

Tutor(a):

Ana Catalina Leandro Sandi Firmado digitalmente por Ana Catalina  
Leandro Sandi  
Fecha: 2022.01.20 20:51:03 -0600

Lector(a):

Estudiante:



---

## ANEXOS

### UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT) CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

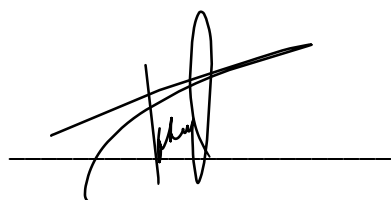
San José, 20-12-2022

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Raquel Vanessa Perez Viales con número de identificación con) 114150646 autor (a) del trabajo de graduación titulado: Propuesta que permita disminuir el porcentaje de desperdicio de automático en la empresa Polymer s.a. en el área de extrusión, en el año 2021, presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de bachillerato Ingeniería Industrial ; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento. De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



Firma y Documento de Identidad

## **ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio) LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

### **Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO

# ÍNDICE

## Tabla de contenido

<b>UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA</b> .....	1
<b>INGENIERÍA INDUSTRIAL</b> .....	1
<b>DECLARACIÓN JURADA</b> .....	2
<b>CARTA DEL TUTOR</b> .....	3
<b>CARTA DEL LECTOR</b> .....	4
<b>ÍNDICE</b> .....	6
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	15
<b>Capítulo I: INTRODUCCIÓN</b> .....	16
1.1 Descripción general del proyecto .....	17
1.2 Identificación de la empresa o institución .....	19
1.2.1 Antecedentes del contexto de la empresa o institución .....	19
1.2.2 Ubicación geográfica .....	20
1.2.3 Organización de la empresa .....	22
1.3 Planteamiento del problema .....	24
1.3.1 Definición del problema .....	24
1.3.2 Justificación .....	26
1.4 Objetivos del proyecto .....	29
1.4.1 Objetivo general .....	29
1.4.2 Objetivos específicos .....	29
1.5 Alcances y limitaciones .....	30
1.5.1 Alcances .....	30
1.5.2 Limitaciones .....	30
<b>Capítulo II: MARCO TEÓRICO</b> .....	31
2.1 Marco Conceptual general relativo a la carrera .....	32
2.1.1 Técnicas de Lean .....	32
2.1.2 Desperdicio o Muda .....	32
2.1.3 Estudio del trabajo .....	33
2.1.4 Diagramas de flujo .....	34
2.1.5 Diagrama Ishikawa (causa-efecto) .....	35
2.1.6 Diagrama Pareto .....	38

2.1.7	5 por qué .....	39
2.2	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto .....	40
2.2.1	D.M.A. I.C .....	40
2.3	El marco conceptual referente al impacto del proyecto .....	43
2.3.1	Impacto cultural .....	43
2.3.2	Impacto económico .....	43
2.3.3	ROI.....	44
2.4	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes. ....	46
<b>Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO.....</b>		<b>47</b>
3.1	Metodología para la definición del problema .....	48
3.1.1	Etapas de definir.....	48
Sección 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto .....		50
3.2.1	Medición .....	50
Sección 3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio. ....		52
3.3.1	Diagrama I .....	53
Sección 3.4 Metodología para la implementación del proyecto. ....		53
<b>Capítulo IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS.....</b>		<b>56</b>
4.1	Descripción del proceso .....	57
4.1.1	Proceso de Producción de la empresa Polymer.....	57
4.1.2	Película Tabular Soplada por extrusión .....	59
4.1.3	Película Plana Por Extrusión.....	62
4.1.4	Tipos de resina .....	63
4.1.4.1	Polietileno de alta densidad (PEAD).....	63
4.1.4.2	Polietileno de baja densidad (PEBD).....	63
4.1.4.3	Refile Programado .....	65
4.1.1	estudio de la información de datos del proceso .....	68
4.1.2	Análisis de los datos de la producción .....	68
4.2	Datos y análisis del área de trabajo. ....	76
4.3	Identificar las causas que afectan al proyecto.....	88
4.3	.....	88
4.4.1	Diagrama de Ishikawa.....	88
4.4.1.1	Maquinaria. ....	90

4.4.1.2	Método de Proceso.....	91
4.4.1.3	Material.....	91
4.4.1.4	Mano de obra .....	92
4.4.1.5	Mantenimiento .....	94
4.4.1.6	Medio Ambiente .....	95
4.4.2	Interpretación del diagrama anterior .....	95
4.4.3	Técnica de 5 Por qué.....	97
4.4.4	Conclusiones del análisis de las causas.....	99
<b>Capítulo V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....</b>		<b>100</b>
5.1.	Primera propuesta de mejora #1. Alineador .....	102
5.2	Segunda propuesta de mejora #2. Recicladora .....	115
5.3	Tercera propuesta de mejora #3. Plan de mantenimiento.....	120
<b>Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>123</b>
6.1.	Conclusiones .....	124
6.2.	Recomendaciones .....	126
<b>CAPITULO VII: ANEXOS.....</b>		<b>127</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>148</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación de Polymer, El Coyol de Alajuela _____	20
<b>Figura 2.</b> Zona Franca Novapark Polymer _____	21
<b>Figura 3.</b> Organigrama de Polymer. _____	23
<b>Figura 4.</b> Máquina E16 _____	25
<b>Figura 5.</b> Desperdicio de Enero a abril 2021 _____	28
<b>Figura 6.</b> Simbología de Diagrama de Flujo _____	35
<b>Figura 7.</b> Diagrama de Ishikawa _____	37
<b>Figura 8.</b> Diagrama de Pareto _____	38
<b>Figura 9.</b> Esquema de 5 Por qué _____	39
<b>Figura 10.</b> Metodología DMAIC _____	42
<b>Figura 11.</b> Formula de retorno de la inversión. _____	45
<b>Figura 12.</b> Bitácora Polyflim _____	49
<b>Figura 13.</b> Diagrama de Flujo del Área de Polyflim _____	58
<b>Figura 14.</b> Extrusión de película tubular. _____	60
<b>Figura 15.</b> Esquema de tolva Crammer - Proceso de Producción del Área Polyfilm – Tolva_	61
<b>Figura 16.</b> Sistema de rodillos enfriadores y de bobinado _____	62
<b>Figura 17.</b> Tipos de Resinas proceso de Producción del Área Polyfilm – Resina _____	64
<b>Figura 18.</b> Burbuja de Plástico _____	66
<b>Figura 19.</b> Refile de ambos lados _____	67
<b>Figura 20.</b> Causas de Desperdicio 2021 _____	69
<b>Figura 21.</b> Pareto de Desperdicio Indicadores Polyflim 2021 _____	72

<b>Figura 22.</b> Pareto de Desperdicio por maquina Indicadores Polyflim 2021 _____	74
<b>Figura 23</b> Gráfico Tendencia máquina E02 _____	78
<b>Figura 24.</b> Gráfico Tendencia Maquina E03 _____	80
<b>Figura 25.</b> Figura de gráfico Tendencia Maquina E05 _____	81
<b>Figura 26.</b> Figura de gráfico Tendencia Máquina E07 _____	83
<b>Figura 27.</b> Figura de gráfico Tendencia máquina E14 _____	84
<b>Figura 28.</b> Figura de gráfico Tendencia Maquina E16 _____	86
<b>Figura 29.</b> Figura de gráfico Tendencia Todas las máquinas _____	87
<b>Figura 30.</b> Diagrama Ishikawa Problema Polymer _____	89
<b>Figura 31.</b> IBC _____	90
<b>Figura 32.</b> Desgastes de Rodillos _____	94
<b>Figura 33.</b> Esquema 5 Por qué _____	97
<b>Figura 34.</b> Tabla de enero a abril 2021 _____	103
<b>Figura 35.</b> Indicadores Polyfim 2021 _____	104
<b>Figura 36.</b> Indicadores Polyfim 2021 _____	104
<b>Figura 37.</b> Indicadores Polyfim 2021 _____	112
<b>Figura 38.</b> Alineador de lámina de Plástico _____	113
<b>Figura 39.</b> Cotización Alineador _____	114
<b>Figura 40.</b> Estadística de desperdicio de enero a abril 2021 _____	115
<b>Figura 41.</b> Indicadores Polyfim 2021 aplicando ROI _____	116
<b>Figura 42.</b> Reciclador de Platico _____	117
<b>Figura 43.</b> Cotización recicladora _____	119
<b>Figura 44.</b> Calendario de Mantenimiento. _____	121

<b>Figura 45.</b> <i>Planta de Polymer área Polyflim Maquina E16 - Anexo 1: Proceso de Producción del Área Polyfilm</i>	128
<b>Figura 46.</b> <i>Desperdicio Polyflim en la Maquina E16 - Anexo 2: Proceso de Producción del Área Polyfilm desperdicio.</i>	128
<b>Figura 47.</b> <i>Polyflim Maquina E12 Recicladora - Anexo 3: Proceso de Producción del Área Polyfilm recicladora.</i>	130
<b>Figura 48.</b> <i>Polyflim Maquina E12 Recicladora - Anexo 4: Proceso de Producción del Área Polyfilm Recicladora.</i>	131
<b>Figura 49.</b> <i>Lamina de plástico. Planta de Polymer área Polyflim Maquina E16 - Anexo 5: Proceso de Producción del Área Polyfilm.</i>	132
<b>Figura 50.</b> <i>Desperdicio en Área Pólyflim - Anexo 6: Proceso de Producción del Área Polyfilm desperdicio.</i>	133
<b>Figura 51.</b> <i>Resina Empresa Polymer - Anexo 7: Proceso de Producción del Área Polyfilm resina.</i>	134
<b>Figura 52.</b> <i>Extrusora de Polyflim - Anexo 8: Proceso de Producción del Área Polyfilm Cambio de tintas.</i>	135
<b>Figura 53.</b> <i>Burbuja de Polyfli - Anexo 9: Proceso de Producción del Área Polyfilm burbuja.</i>	136
<b>Figura 54.</b> <i>Planta Polymer. Rollos de extrusión. - Anexo 10: Proceso de Producción del Área Polyfilm.</i>	137
<b>Figura 55.</b> <i>Cotización de recicladora - Anexo 11 Cotización de recicladora</i>	138
<b>Figura 56.</b> <i>Cotización de Alineador - Anexo 12: Cotización de alineador.</i>	139
<b>Figura 57.</b> <i>Estadística Polyflim toma Muestra de mayo 2021 - Anexo 13: Muestreo de estadística de refiles de Polyflim</i>	140

## Índice De Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Detalle Ahorro de Máquina E02</i>	27
<b>Tabla 2</b> <i>Desperdicio Indicadores Polyflim 2021</i>	73
<b>Tabla 3.</b> <i>Desperdicio Costo Indicadores Polyflim 2021</i>	75
<b>Tabla 4.</b> <i>Tendencia Indicadores Polyflim 2021</i>	77
<b>Tabla 5.</b> <i>Tendencia Indicadores Polyflim 2021</i>	79
<b>Tabla 6.</b> <i>Tendencia Indicadores Polyflim 2021</i>	81
<b>Tabla 7.</b> <i>Tendencia Indicadores Polyflim 2021</i>	82
<b>Tabla 8.</b> <i>Tendencia Indicadores Polyflim 2021</i>	84
<b>Tabla 9.</b> <i>Tendencia Indicadores Polyflim 2021</i>	85
<b>Tabla 10.</b> <i>Experiencia de Trabajadores.</i>	93
<b>Tabla 11.</b> <i>Tabla de desperdicio de materia prima</i>	101
<b>Tabla 12.</b> <i>Estudio de Maquina E16</i>	105
<b>Tabla 13.</b> <i>Estudio del Máquina E16</i>	106
<b>Tabla 14.</b> <i>Estudio de Maquina E02</i>	107
<b>Tabla 15.</b> <i>Estudio del Maquina E16</i>	108
<b>Tabla 16.</b> <i>Estudio del Maquina E14</i>	108
<b>Tabla 17.</b> <i>Estudio del Maquina E14</i>	109
<b>Tabla 18.</b> <i>Estudio del Maquina E14</i>	110
<b>Tabla 19.</b> <i>Estudio del Maquina E03</i>	111

# Resumen Ejecutivo

Pérez Viales, Raquel, Universidad Hispanoamérica, abril, 2021, Propuesta que permita disminuir el porcentaje de desperdicio de automático en la empresa Polymer S.A. Profesor, Ing. Juan Carlos Sánchez Cascante. Durante el segundo trimestre del 2021, ubicada en Zona Franca Coyol, Alajuela.

El proyecto de graduación está basado en buscar la disminución de desperdicio de Automático en el área de Polyflim extrusión de la empresa Polymer S.A., mediante el enfoque a las máquinas E07, E05, E14, E03, E16 y la E02, se eligió estas máquinas, ya que son las que tienen mayor desperdicio, por ende, mayor gasto económico, el promedio de desperdicio en el estudio se realizó en los meses de enero a mayo del 2021.

Para efectuar este estudio se ejecutó un análisis de las muestras tomadas, se logró demostrar las causas que generaba el desperdicio de las máquinas, durante el mes de mayo del 2021 en las máquinas a estudiar. Al analizar los beneficios de las propuestas se obtiene que el desperdicio de la empresa en promedio por mes es de  $\text{¢}20,341,409.02$  de materia prima.

En cuanto a la implementación se plantearon 3 propuestas que permitirán reducir el desperdicio, la cual tiene un valor aproximado de  $\text{¢}5,090,200.00$  y donde el beneficio representa un ahorro de 40% anual.

# **Capítulo I: INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Descripción general del proyecto

Es proyecto está orientado a reestructurar del proceso en el área de extrusión en la empresa Polymer S.A., localizada en el Coyol de Alajuela.

La investigación se va a llevar a cabo en el área de extrusión, el proyecto tiene la finalidad de demostrar el desperdicio generado en las máquinas E07, E05, E14, E03, E16 y la E02, en la actualidad este proceso llamado automático es uno de los que más genera desperdicio provocando un gran impacto a nivel económico.

Se realizó un estudio analizando la situación actual de la empresa, mediante técnicas de mediciones, análisis estadísticos e indicadores, donde se investigará todo el proceso de esta área.

Una de las mejoras, que quiere cumplirse con el proyecto, es reducir el desperdicio implementado una recicladora para las máquinas. Al colocar la máquina, la reducción del desperdicio será mínima y el material ya no tendrá que pasar al área de paletizado, en donde al ser transformado pierde la calidad del producto, esto porque el producto pierde su contextura natural y pasa a ser material de bajo uso.

A manera de conclusión, se puede decir que las propuestas de mejora planteadas en el presente trabajo de graduación ayuda a reducir y eliminar el desperdicio de plástico en automático, mediante la implementación de maquinaria adicional que ayude a la eliminación y reducción del desperdicio en las máquinas de extrusión.

El presente trabajo de graduación responde a operaciones industriales como línea de investigación definida por la Escuela de Ingeniería Industrial de la UH. En esta línea de investigación, se encuentran todos aquellos proyectos, que promueven la optimización de operaciones y procesos, análisis de procesos y operaciones industriales y gestión de la productividad.

## 1.2 Identificación de la empresa o institución

### 1.2.1 Antecedentes del contexto de la empresa o institución

Polymer S.A. es una empresa industrial dedicada principalmente a la conversión de empaques plásticos, empezó sus operaciones en 1961 al mando de un norteamericano propietario de la firma, en ese entonces su nombre era Industrias Nacionales del Plástico (INPLANA), y tenía un contrato que la hacía formar parte de Plásticos Yanber S.A. En 1969 se cambia en nombre por Polymer de Costa Rica S.A. invirtiendo en gran cantidad de maquinaria moderna y nuevos procesos. Para el 2005 fue adquirida por Manrique Constenla, dos años después, se adquiere una compañía llamada Rotoflex, la cual se especializaba en procesos de impresión del plástico y elaboración de etiquetas, gran parte de lo que fue dicha empresa lo conforma actualmente la Planta “Polyflex”.

A partir del año 2008 se da el traslado de las instalaciones de Polymer S.A. hacia el Coyol de Alajuela, el cual se completa en el año 2010 para todas las plantas de la compañía.

## 1.2.2 Ubicación geográfica

Se encuentra ubicada en el Coyol de Alajuela, en el Parque Empresarial NOVAPARK.

### **Figura 1.**

*Ubicación de Polymer, El Coyol de Alajuela*



Fuente: 2021, Mapa Polymer S.A. <https://goo.gl/maps/PdPJW8awcaSvLQag7>

La localización de la empresa Costa Rica, Alajuela, El Coyol, Parque Empresarial Novapark, 2 kilómetros al este de RTV.

**Figura 2.**

*Zona Franca Novapark Polymer*



Fuente: 2021, Novapark Polymer S.A, <http://www.ciamesa.com/>

Polymer cuenta con un departamento conformado por Ingenieros especializados en el desarrollo de empaques rígidos y flexibles, que, haciendo uso de recursos tecnológicos de producción, que generan propuestas de alto valor agregado considerando en el diseño elementos económicos, ambientales, funcionales, comerciales y estéticos.

### 1.2.3 Organización de la empresa

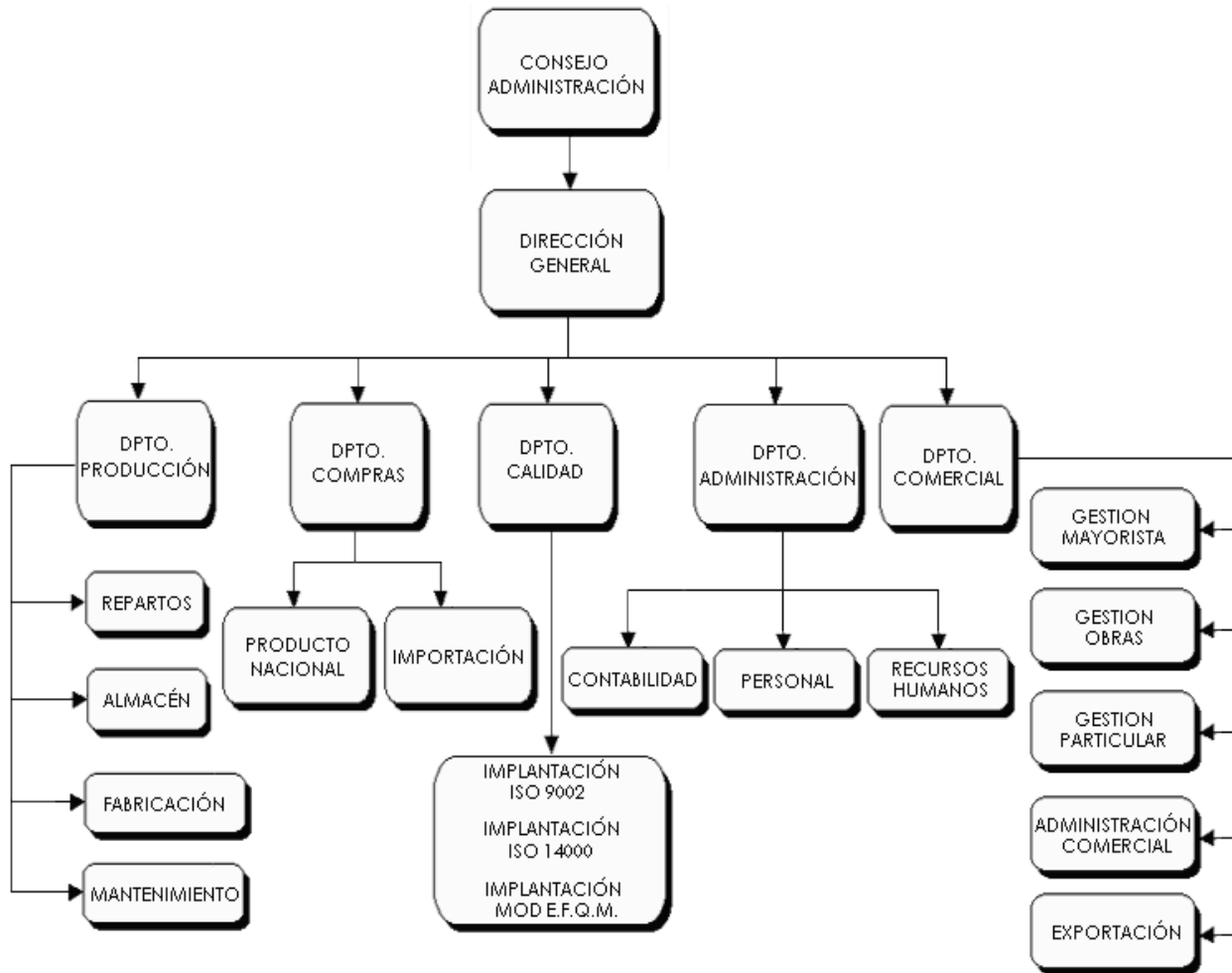
La empresa Polymer S.A. está conformada por tres áreas:

- Polyfilm: Los cuales se encargan de la extrusión de la resina, para ser transformada en plástico.
- Polypack: Donde se elaboran productos termoformados tales como platos, vasos, recipientes para el empaque de productos alimenticios y no alimenticios.
- Polyflex: Encargados de los procesos de flexografía del plástico, su conversión y laminación.

A continuación, se muestra la estructura de Polymer:

**Figura 3.**

*Organigrama de Polymer.*



Fuente: Departamento de Recursos Humanos, 2021.

Como se muestra en la figura anterior, la función Salud Ocupacional en la empresa, se encuentra dentro del departamento de Recursos Humanos, específicamente en la parte de Desarrollo y Salud Laboral, bajo el nombre de Salud Ocupacional; la cual brinda sus servicios, a la empresa Polymer y otras empresas que forman parte del grupo empresarial. Sólo es representado en el organigrama la empresa Polymer, debido a que es en esta área donde se centrará el presente proyecto.

### 1.3 Planteamiento del problema

El proyecto se llevará a cabo en la empresa Polymer S.A, ubicada en el Coyol de Alajuela, provincia de Alajuela, Costa Rica, en la actualidad el área de extrusión Polyflim cuenta con uno de los mayores desperdicios.

#### 1.3.1 Definición del problema

La empresa Polymer S.A. en el área de Polyflim, tiene unos de los mayores desperdicios, uno de estos es llamado automático, que se refiere al refilado que se le hace al tubo extruido para lograr embobinar 2 láminas. El problema se presenta en las máquinas de E07, E05, E14, E03, E16 y la E02. Las láminas deben ir con un refile establecido por la orden de trabajo, el refile es programado manualmente por un operario, el cual no calcula las medidas para ser cortado con exactitud. Los refiles correspondientes a las máquinas mencionadas al ser cortados por la máquina, son

depositados en una bolsa, la cual contiene el desperdicio, el contenido de esta bolsa es el material que se envía al proceso de paletizar. Sin embargo, al realizar este proceso de paletizado no se recupera el 100% de la materia prima utilizada.

**Figura 4.**

*Máquina E16*



Fuente: Polymer S.A., 2021.

En la figura, se muestra la maquina E14 del área de extrusión, donde es cortado automáticamente el refilo y depositado en la bolsa que recoge los desperdicios, producidos por esta máquina.

### 1.3.2 Justificación

El estudio del proceso de automático sirve para determinar la cantidad de desperdicio y las pérdidas económicas a causa de ello.

Se hizo un análisis de cuál de los dos desperdicios se podría abarcar, automático o set-up ya que son los causantes de mayor desperdicio en la empresa. Y se determinó que el Set-up es un tema de cambios de formatos, ancho, espesor, formula, color, en ese sentido la empresa lo que puede hacer es solamente minimizar pues el mix de productos que tenemos es inevitable.

Lo que hace mitigar un poco es revisar secuencias de producción con programación y colegiar entre ellos ventas y producción lo mejor posible las secuencias.

En el automático, aunque el refile de plástico es necesario hacerlo en ambos lados, se deja el refile ancho porque con el paso del tiempo ese refile se va a ir disminuyendo y eso les da tiempo para montar todo para el proceso nuevamente.

Esto genera un enorme gasto económico ya que al ser necesario dejar el refile, en algunas ocasiones el tamaño programado por el operador es mayor o menor a lo establecido en la orden de trabajo.

Por lo que se estableció hacer el estudio en automático, ya que podríamos estudiar la forma de que la materia prima vuelva al proceso en el momento y no pase a paletizado.

Tomando en consideración que el monto del desperdicio de la máquina E02 es de 9,899.95 kg en cuatro meses, el promedio de desperdicio es de 2,474.98 kg por mes, si se logra la implementación de la máquina será de un 40% el ahorro de material lo que nos muestra un ahorro de 989.99 kg al mes.

**Tabla 1.***Detalle Ahorro de Máquina E02*

Descripción máquina E02	Monto	Medidas
Promedio sin alineador	10	cm
Promedio con alineador	6	cm
% ahorro	40%	4cm
Promedio de al mes de 4 meses desperdicio	2,474.98	kg
Ahorro (Promedio *40%)	989.99	kg
Disminución Mensual (Promedio al mes -ahorro)	1,484.99	kg

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la siguiente tabla se ve la diferencia en centímetros de una maquina con alineador y el porcentaje de ahorro que tiene una de otra.

A continuación, se muestra un gráfico en colones del comportamiento del desperdicio en todas las áreas de Polyflim, para la investigación durante el periodo de enero a abril 2021.

**Figura 5.**

*Desperdicio de Enero a abril 2021*



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 5 se puede observar las diferentes tendencias de desperdicio de enero a abril 2021. Según la información entregada se procede a tomar decisiones con respecto a la pérdida de materia prima.

## 1.4 Objetivos del proyecto

### 1.4.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta que permita disminuir el porcentaje de desperdicio de automático, mediante un análisis de situación actual y utilizando herramientas de ingeniería industrial para la disminución del porcentaje de desperdicio.

### 1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar las causas que originan el problema de desperdicio, la situación actual del área de extrusión, mediante la medición y el análisis de datos.
2. Diseñar diferentes propuestas para disminuir el desperdicio y mejorar el aprovechamiento de material y ganancias.
3. Proponer a la empresa Polymer S.A. un control del funcionamiento de las nuevas máquinas una vez instaladas.

## 1.5 Alcances y limitaciones

### 1.5.1 Alcances

Hacer una propuesta demostrando con datos el nivel de desperdicio que provoca las máquinas el área de extrusión, la investigación se realizará en las máquinas E07, E05, E14, E03, E16 y la E02 de la compañía Polymer S.A. la cual se dedica a la fabricación de productos de poliuretano, durante el primer cuatrimestre del año 2021, ubicada en Coyoil de Alajuela, Novapark.

### 1.5.2 Limitaciones

Se logró contar con los reportes necesarios para realizar los análisis necesarios, sin embargo, hubo limitaciones de tiempo debido a la situación del COVID, que presenta el país en este momento.

## **Capítulo II: MARCO TEÓRICO**

## 2.1 Marco Conceptual general relativo a la carrera

### 2.1.1 Técnicas de Lean

En buscar de tener un mayor aprovechamiento de los recursos (humanos/máquinas) se utilizan diferentes filosofías una de ellas derivada en su mayoría por el sistema de producción Toyota (TPS) “lean manufacturing” la cual identifica las actividades que no genera mayor valor, reduce los desperdicios, aumenta la productividad y disminuye los costos.

El desperdicio de material es crítico para una empresa debido a que define la rentabilidad y la productividad de la organización, Rajadell (2011) lo define como todos aquellos que no añade valor al producto que no es esencial para fabricarlo. Además, Cruelles et al., (2013) y Meyers (2006) define el concepto de muda como cualquier gasto o consumo de recursos que no crea valor.

### 2.1.2 Desperdicio o Muda

Se define como desperdicio a todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. O en palabras de H. J. Harrington: “...la peculiaridad que distingue a los seres humanos de los otros seres vivos es su capacidad de observar, medir, analizar y utilizar la información para generar cambios” (Harrington, 1998).

Muda es un término japonés que significa “despilfarro, superfluo, residuo, inutilidad, ociosidad” existen 7 mudas las cuales son:

1. Sobreproducción.
2. Defectos.
3. Tiempo.

4. Procesos.
5. Inventarios.
6. Movimientos.
7. Transporte.
8. Espera.

### 2.1.3 Estudio del trabajo

El estudio de trabajo es una evaluación sistemática, para lograr la investigación de todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada. (López, 2016)

El estudio de trabajo corresponde a de ciertas técnicas como estudio de métodos y de la medida del trabajo, herramientas para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y aprovechamientos de los materiales en una tarea.

#### **Medición del trabajo**

Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución pre establecida.

#### **Estudio de método**

Es el registro y análisis sistemático y examen crítico de las formas existentes y propuestas de hacer el trabajo mediante el desarrollo y aplicación de métodos más sencillos y eficientes, para la reducción de costos.

## **Muestreo de trabajo**

El muestreo del trabajo es una técnica para determinar, mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de aparición de determinada actividad imputable a un hombre, máquina o cualquier condición observable de operación.

### 2.1.4 Diagramas de flujo






Esta herramienta puede ser aplicada para realizar las descripciones formales de los procesos dentro de un sistema de gestión de la calidad. A través del diagrama se puede observar en que consiste el proceso y como se relacionan las diferentes actividades.

Los Diagramas de Flujo, también denominados flujogramas, muestran la secuencia de pasos de un proceso. Son de utilidad para describir cualquier proceso existente o nuevo en la organización.

(Gonzales, 2006)

**Figura 6.**

*Simbología de Diagrama de Flujo*

Simbología	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representar el inicio y el fin de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el Orden de la ejecución de las operación. La flecha Indica el siguiente paso.
	Entrada / Salida	Indica la entrada y salida de datos.
	Proceso	Representa cualquier operación.
	Decisión	Permite analizar la situación, con base a los valores Si o No

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama de flujo es una representación gráfica de las actividades de procesos y equipo de una planta.

### 2.1.5 Diagrama Ishikawa (causa-efecto)

El diagrama de Ishikawa se utiliza para recoger de manera gráfica todas las posibles causas de un problema o identificar los aspectos necesarios para alcanzar un determinado objetivo (efecto).

También se lo denomina diagrama causa-efecto o diagrama de Espina. (Gonzales, 2006)

Para desarrollar el diagrama de Ishikawa se deben seguir los siguientes pasos:

- Definir y determinar claramente el problema o efecto que se va a analizar, escribiéndolo dentro de un recuadro en el lado derecho del papel;

- Identificar los factores o causas que originan el efecto, mediante un brainstorming;

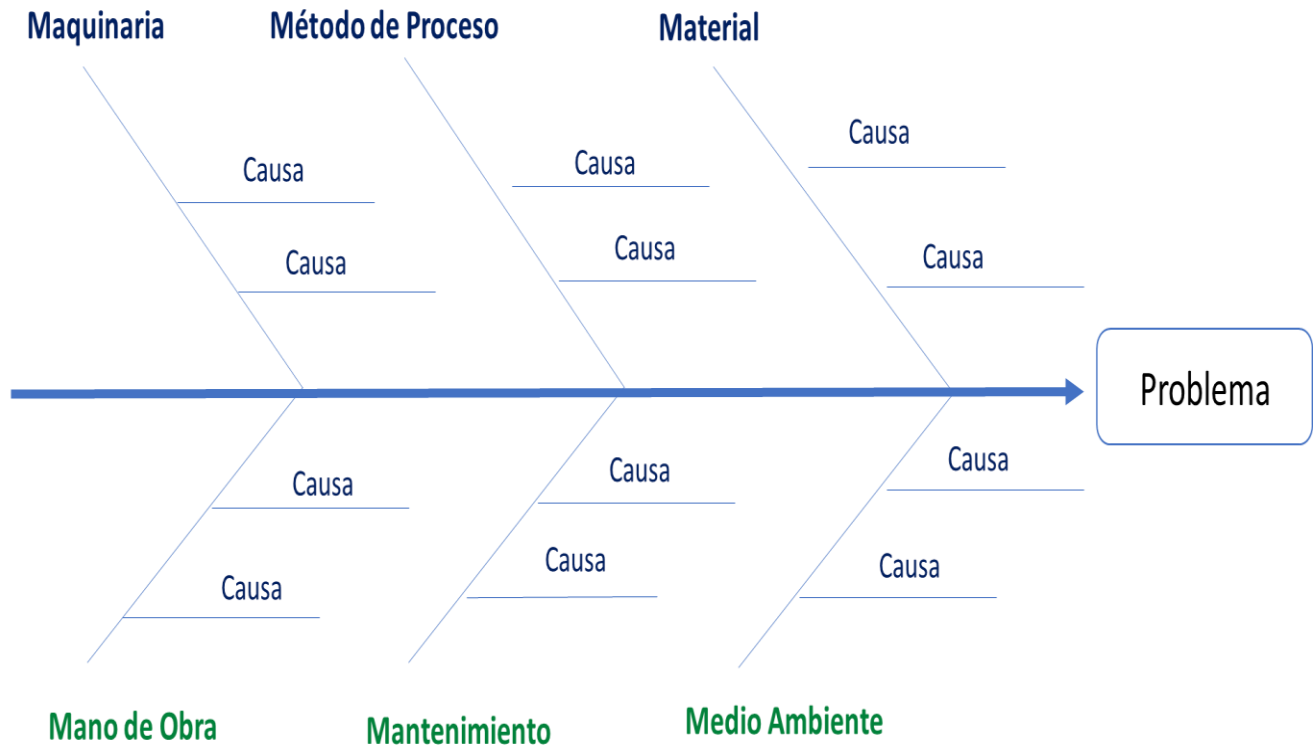
La enumeración de las causas debe ser lo más amplia y completa posible.

- Representación del diagrama: Una vez enumeradas todas las causas debemos ir colocándolas en el diagrama agrupando las de similar naturaleza, aunque también se puede hacer directamente conforme estas vayan surgiendo. Algunas veces, una misma causa puede ser colocada en más de una espina, por lo que, si no hay consenso respecto a la ubicación, deberá colocarse repetidamente en todos los apartados o espinas necesarios.

- Análisis de las relaciones causa-efecto que derivan de la construcción del diagrama: En esta fase se examinan críticamente las causas y se determinan las causas más probables, y entre ellas las más importantes, de manera que podamos jerarquizarlas y conocer el orden de prioridad a la hora de emprender acciones.

**Figura 7.**

*Diagrama de Ishikawa*



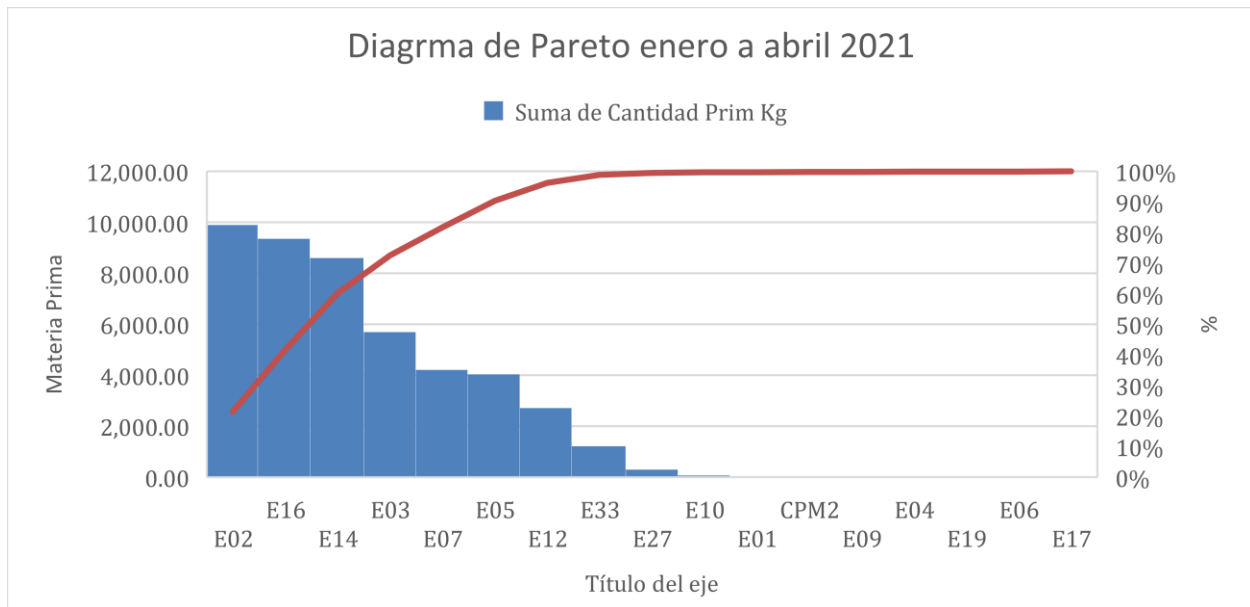
Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.6 Diagrama Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención. En definitiva, es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el principio de Pareto, a menudo denominado regla 80/20, el cual indica que el 80 % de los problemas son originados por un 20 % de las causas. Este principio ayuda a separar los errores críticos, que normalmente suelen ser pocos, de los muchos no críticos o triviales. Según H. Gutiérrez y R. de la Vara en su libro Control estadístico de calidad y Seis Sigma, pág. 140.

**Figura 8.**

*Diagrama de Pareto*



Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.7 5 por qué

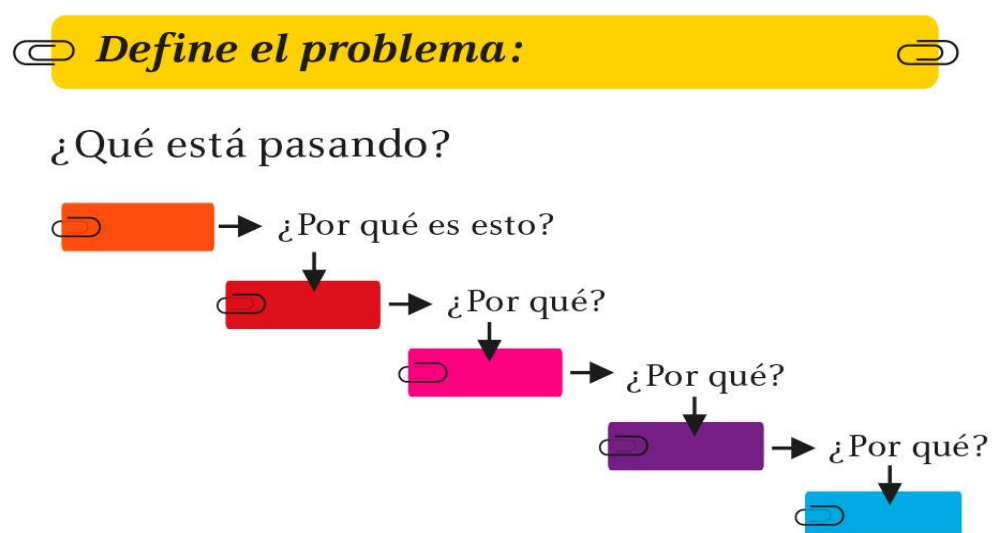
En cada problema, los empleados aprenden a preguntar “¿Por qué? no solamente una vez, sino cinco veces. (Daft, 2006, p. 74). Es una buena forma de tomar decisiones bajo condiciones de incertidumbre, para hacer que las personas piensen más profundo, y analizando diversos panoramas del tema.

Los 5 por qué es una técnica basada en hacer preguntas para investigar la causas -efectos que generan un problema específico. El objetivo es identificar la causa raíz del problema.

Esta técnica se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación. La estrategia de los 5 porqués consiste en examinar cualquier problema y realizar la pregunta: “¿Por qué?” La respuesta al primer “porqué” va a generar otro “porqué”, la respuesta al segundo “porqué” te pedirá otro y así sucesivamente, de ahí el nombre de la estrategia 5 porqués.

**Figura 9.**

*Esquema de 5 Por qué*



Fuente: Elaboración Propia

## 2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

### 2.2.1 D.M.A. I.C

Tagle (2016) afirma que basándose en la metodología DMAIC, la aplicación de Six sigma con sus herramientas proporciona información adecuada para el control y prevención de defectos de manera que se maximice la calidad de los productos terminados.

DMAIC es una herramienta de calidad enfocada en la mejora de procesos existentes basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de mejora.

Six Sigma consiste en la ejecución constante de proyectos de mejora siguiendo la metodología conocida como DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control).

Fases y pasos del Six sigma DMAIC de acuerdo con el ciclo de Deming (Escalante, 2013, p.31)

#### **Definir**

Se define el proyecto a realizar, generalmente en función a propósito, alcance y resultados; o en función a problema, procesos y objetivos.

Herramientas de apoyo: Diagramas matriciales, Diagramas Pareto, Mapas de procesos.

## **Medir**

Se obtienen datos y mediciones del proceso. Es usual que esta fase se soporte en mapas de valor y observación. Deben medirse y documentarse aspectos claves, datos relevantes, contemplar todas las variables y los parámetros que afectan los procesos.

Herramientas de apoyo: Diagramas de flujo, Mapas de proceso, Técnicas de muestreo, AMEF, QFD, Modelo de Kano, OEE, Nivel Sigma.

## **Analizar**

En este paso los datos recabados en la medición se convierten en información; en esta fase deben identificarse a partir de las variables y los parámetros, las causas claves de los problemas.

Herramientas de apoyo: Mapas de valor, Diagramas de flujo, Diagramas de recorrido, Análisis de mudas, Ishikawa, Gráficas de control, AMEF.

## **Mejorar**

Según las causas principales de los problemas, deben modificarse o rediseñarse los procesos. Es clave involucrar al personal que se relaciona directamente con los procesos, esto constituye un paso fundamental en la continuidad de las mejoras.

Herramientas de apoyo: 5s, Ingeniería de métodos, Balance de líneas, SMED, TPM, Kanban, Andon.

## Controlar

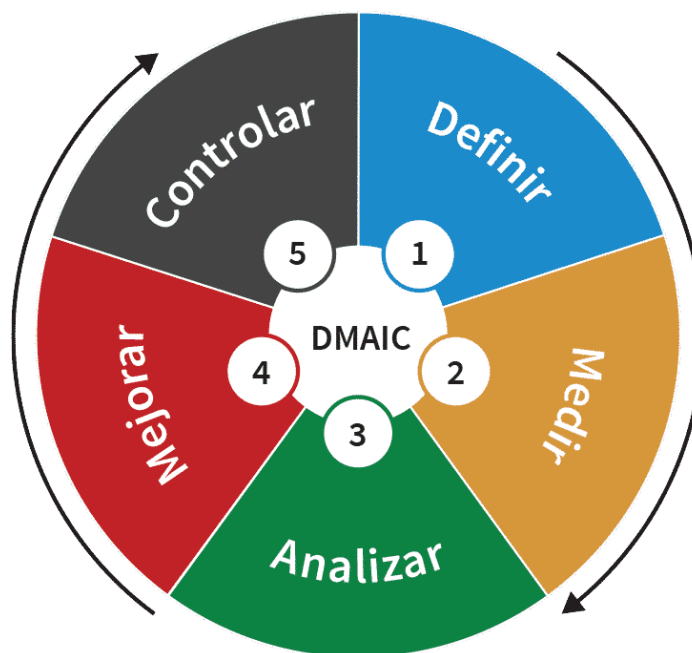
Debe verificarse que se sostengan los resultados, esta fase es el principio de la mejora continua. Las mejoras en el proceso deben asegurarse de manera que se sostengan los niveles de desempeño, del mismo modo en que se adaptan mejoras incrementales a lo largo del tiempo.

Es vital implementar en esta fase sistemas de recolección de información de manera que permita contrastar constantemente los indicadores del proceso mejorado con los parámetros identificados en la fase "DEFINIR".

Herramientas de apoyo: Andon, POE's, LUP's, Capacitación.

**Figura 10.**

*Metodología DMAIC*



Fuente: 2020, [https://traccsolution.com/wp-content/uploads/2020/05/the\\_dmaic\\_process\\_SP.png.webp](https://traccsolution.com/wp-content/uploads/2020/05/the_dmaic_process_SP.png.webp)

## 2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto

### 2.3.1 Impacto cultural

En la elaboración del proyecto se utilizarán diferentes herramientas de Ingeniería que causarán efectos en el proceso a corto, mediano y largo plazo. Mediante el análisis y toma de muestra se dará a conocer información para toma de decisiones.

El diagrama de Ishikawa y el Pareto nos ayudarán a determinar no solo las causas del problema sino porque sucedió.

Cuando se tenga clara cuales son las razones va ser más viable tomar correcciones con respecto a la situación.

Diagrama de Pareto también conocida como la Regla del 80/20, es un gráfico de barras que nos ayudan a ver el problema y las causas. Con este diagrama se determinará las causas que generan mayor importancia.

### 2.3.2 Impacto económico

Las organizaciones buscan la disminución de desperdicio, por este motivo por lo tanto, se busca reducir el refile de plástico que se generan, con esto disminuir el desperdicio de materia prima. Todas estas causas generan un costo a la operación, con el proyecto se darán propuestas costo beneficio con el objetivo de lograr una mejor toma de decisiones.

### 2.3.3 ROI

El retorno sobre la inversión es un indicador que mide la relación entre la ganancia obtenida y la inversión de un negocio. Se lo conoce como ROI por sus siglas en inglés (Return Of Investment).

La fórmula de la rentabilidad nominal es la más sencilla para poder conocer qué tan rentable será la inversión.

Se debe dividir los beneficios de la inversión entre el capital invertido. Para obtener el porcentaje, se debe multiplicar el resultado obtenido por 100.

Fórmula:

$$\text{Rentabilidad} = (\text{Beneficios obtenidos} / \text{Capital invertido}) * 100$$

Con el ROI puedes evaluar las finanzas de una empresa; si el valor es positivo, significa que obtuviste beneficios económicos por tu inversión; pero si es menor o igual a cero, su significado se traduce a que quienes invirtieron están perdiendo dinero.

A simple vista, este cálculo es muy sencillo; sin embargo, la información que puede interpretarse de los resultados describirá la situación financiera general de la empresa.

Con el resultado de ambos parámetros se pretende calcular la rentabilidad de la formación a partir de la siguiente expresión:

**Figura 11.**

*Formula de retorno de la inversión.*

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ingresos} - \text{Costos}}{\text{Costos}} \times 100$$

Fuente: Elaboración Propia.

Con la metodología del ROI es un programa formativo hace posible tomar decisiones adecuadas sobre su gestión y, por tanto, mejorar el margen de beneficios a nivel empresarial.

#### 2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.

Actualmente la empresa había obtenido dos alineadores y una máquina recicladora, sin embargo, no hay estudio posterior a la adquisición de este implemento.

Disminuir el desperdicio de los refiles es uno de los objetivos principales para garantizar una mejora continua e impactar positivamente en la operación y ingresos de la empresa.

Si bien se han realizado investigaciones, no coinciden con la relación de este proyecto, según las políticas de Polymer S.A. la información es variada y confidencial. Como es conocido que los trabajos de investigación universitarios en la UH, en su mayoría, utilizan la metodología DMAIC para la mejora de procesos y la resolución de problemas para presentar soluciones, que permitan la mejora continua, mediante la utilización de herramientas previamente establecidas.

## **Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 Metodología para la definición del problema

Se utiliza la metodología Six Sigma denominada DMAIC, la primera fase es la definición de problema.

Para definir el problema que se presenta en la empresa Polymer, S.A. se utilizarán herramientas como:

#### 3.1.1 Etapa de definir

La empresa al no tener ningún dato histórico decidió realizar una lluvia de idea con los supervisores y el gerente de Producción, una vez que ordenadas y analizadas todas las ideas, se decidió que hacer con respecto al proyecto.

Actividades para tratar:

- ¿Definición concreta del problema?
- ¿Por qué es un problema?
- ¿Por qué nos vamos a enfocar en ese desperdicio?
- ¿Cómo vamos a actuar para hacer el estudio?

Herramientas para utilizar:

Se logra identificar mejorar por la solicitud del gerente, reuniones con jefes y supervisores de diferentes áreas de la empresa, donde se aportaron diferentes ideas de donde se dan los indicios del problema. Se realizan visitas con el fin de analizar el proceso por medio de observaciones y lluvia de ideas.

Entre los encargados se encuentran

- Gerente de Producción
- Supervisores de producción
- Encargado de la documentación

Este focus se llevó a cabo durante 15 días en 2 sesiones de 1 hora cada una.

**Figura 12.**

*Bitácora Polyflim*

# ESTADÍSTICA POLYFLIM REFLI

FECHA	MAQUINA	ORDEN	COLOR	OPERADOR	REFLI PROGRAMADO	REFIL		TOTAL REFIL 1 Y 2	DIFERENCIA
						1	2		
	E07								
	E05								
	E14								
	E03								
	E02								
	E16								
	E07								
	E05								
	E14								
	E03								
	E02								
	E16								

Elaboración Propia

Con esta bitácora se busca incluir las medidas de los 2 anchos de la película de plástico y compararla con el refile programado en la orden de trabajo programada con esto ver la diferencia en centímetro y así determinar el desperdicio por máquina.

## Sección 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

### 3.2.1 Medición

En la segunda etapa del DMAIC es medir, para lo cual se debe de recolectar todos los datos para medir la variable de la respuesta.

Se otorgó un operario encargado para corta los refiles de plásticos de las máquinas a estudiar.

La recolección de datos se hizo mediante mediciones de refiles de las láminas de rollos de plásticos. Se tomó una muestra del refile, una vez al día durante un mes.

Con estas mediciones se buscaba identificar las causas de los desperdicios. Para esto se ingenió una tabla con la información necesaria para tabular. Las mediciones de los refiles plásticos se hicieron con una cinta métrica.

Actividades para tratar:

- Recolección de Datos.
- Inspección y revisión de las máquinas de estudio.

Los Encargados de la actividad:

- Supervisores de producción
- Encargado de la documentación
- Los operarios de producción.

Con esta estadística se busca medir cada lado del refile y con la diferencia saber cuál es el desperdicio que está teniendo cada máquina. Las mediciones se van a hacer en las máquinas de estudio E02, E14, E07, E05, E03, E02 y E16. La actividad se realizó de lunes a viernes iniciando en mayo 2021 y finalizando en julio 2021.

Utilizando esta matriz la cual puede ser alimentada con datos. A continuación, se muestra la tabla.

Métodos para utilizar:

- Recolección de datos
- Diagramas de flujo
- Entrevistas a supervisores, operadores e ingenieros.
- Observación.

Sección 3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.

En la tercera fase de la metodología DMAIC se analizan los recolectados de las mediciones y los indicadores de los meses anteriores, atacando las problemáticas vistas con diferentes técnicas, de las cuales se están presentando estos desperdicios.

Las herramientas que se utilizaron:

- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Ishikawa.

### 3.3.1 Diagrama I

Las personas encargadas fueron operadores, supervisores y ingenieros.

El diagrama de Ishikawa muestra los posibles factores que se encuentran

involucrados en un problema como:

1. Máquina
2. Mano de obra
3. Material
4. Método

#### Responsables

- Supervisores de producción
- Encargado de la documentación

### Sección 3.4 Metodología para la implementación del proyecto.

En la cuarta etapa de DMAIC, se desarrolla la implementación de mejora al proceso propuesto, con el que podamos dar una mejoría al problema del proceso.

Las propuestas y mejoras quedarán sujetas a la aprobación de la dirección de la empresa.

Al presentar los indicadores, gráficos y análisis del proyecto, quedará reflejado el estudio y análisis de las compras anteriores (alineador y recicladora), de las cuales no se tenía un detalle de su

funcionamiento hoy en día y poder indicar si son viables para las otras máquinas que no poseen ningún tipo de control.

Se propone el uso de herramientas como diagramas de Pareto, diagrama de Ishikawa, costo de las mejoras, con el fin de un buen funcionamiento de proceso en la empresa Polymer S.A.

Actividades que se tratarán:

- Alternativas de soluciones.
- Seleccionar soluciones con mayor impacto y menos inversión.

Responsables:

- Supervisores de producción.
- Gerente a área técnica.

### Sección 3.5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.

En la quinta etapa del DMAIC, la fase de control es la clave para éxito, se debe desarrollar un proceso para que se cumpla lo propuesto.

Se debe aplicar las medidas que garanticen la eficiencia y continuidad del proceso. Una vez implementado las propuestas, se deben realizar mejorar permanentes, realizando mediciones para mantener la mejora monitoreada.

Se implementará un sistema de control, donde se abarquen las revisiones de las máquinas para evitar daños a futuro en función de una actividad de mantenimiento preventivo más viable.

Actividades que se tratarán:

- Establecer un plan a seguir.

Herramientas para utilizar:

- Diagrama Ishikawa.
- Diagramas de flujos
- Herramientas de control de calidad como Hoja de verificación y tabla de datos.

Responsables:

- Departamento de ingeniería.
- Supervisores de producción.

# **Capítulo IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## 4.1 Descripción del proceso

### 4.1.1 Proceso de Producción de la empresa Polymer.

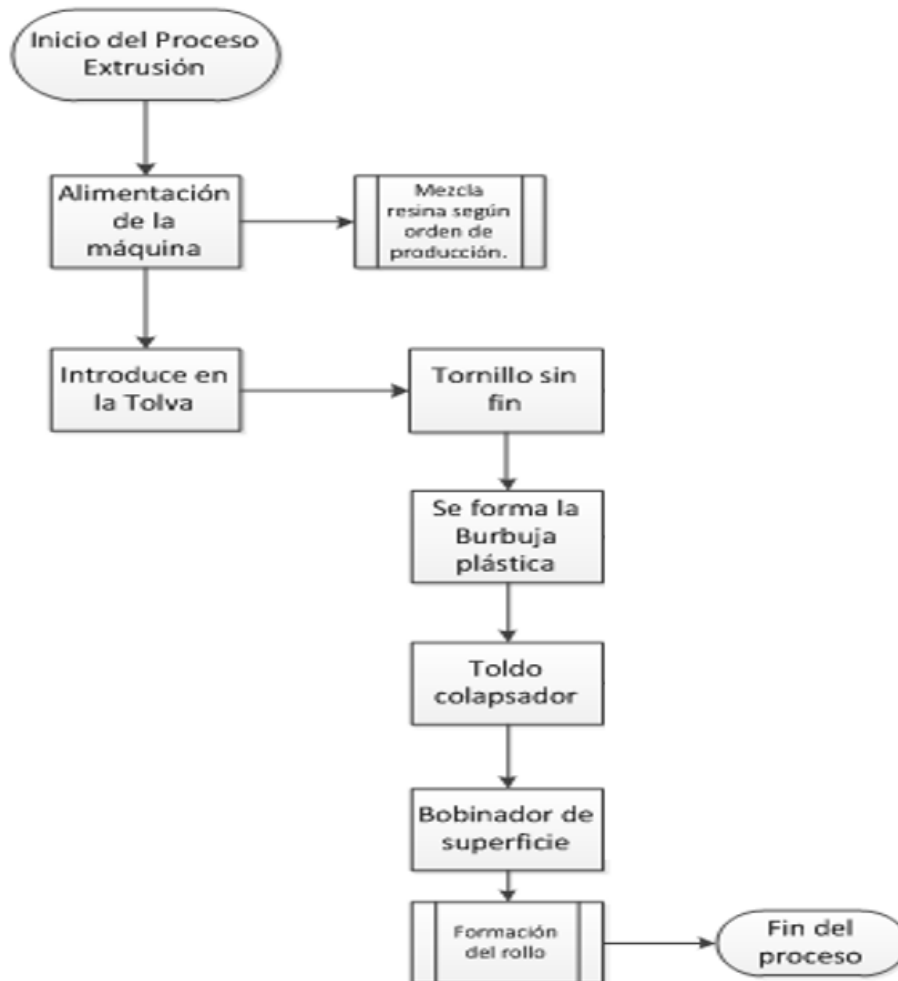
La extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma más o menos compleja y continua, de manera tal, que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio. En la extrusión de termoplásticos el proceso no es tan simple, ya que, durante el mismo, el polímero se funde dentro de un cilindro y posteriormente, es enfriado. Este proceso de extrusión tiene por objetivo, usarse para la producción de perfiles, tubos, películas plásticas, hojas plásticas, etc.

La mayor parte de los productos obtenidos de una línea de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo, como en el caso del sellado y cortado, para la obtención de bolsas a partir de película tubular o la formación de la unión o socket en el caso de tubería.

El proceso de producción cambia de acuerdo con las áreas en que se divide la empresa, Polyflim, Polypak y Polyflex, a su vez en cada área se utilizan máquinas diferentes.

**Figura 13.**

*Diagrama de Flujo del Área de Polyflim - Proceso de Producción del Área Polyfilm*



Fuente: Supervisores de Área, 2021

De forma general en esta área se realizan dos procesos, el primero es el proceso de extrusión donde la resina de polietileno es transformada en plástico por medio de las extrusoras para la formación de rollos. El segundo proceso consiste en la conversión donde se forman las bolsas por medio de la convertidora, para luego ser empacadas.

Se producen los siguientes productos:

- **Empaques flexibles:** Productos en polietileno, polipropileno, poliéster, entre otros, transparentes y metalizados con y sin impresión, laminaciones, laminaciones, materiales de alta barrera en diferentes presentaciones, todo acorde al producto y utilización del material.
- **Bolsa de basura:** De las marcas Centinel, Vikingo y Kanguro, en diferentes tamaños y presentaciones. En cada marca varían los espesores y las características, como las agarraderas, aromas y colores.
- **Bolsas para empaque de alimentos:** De las marcas Centinel y Festival.

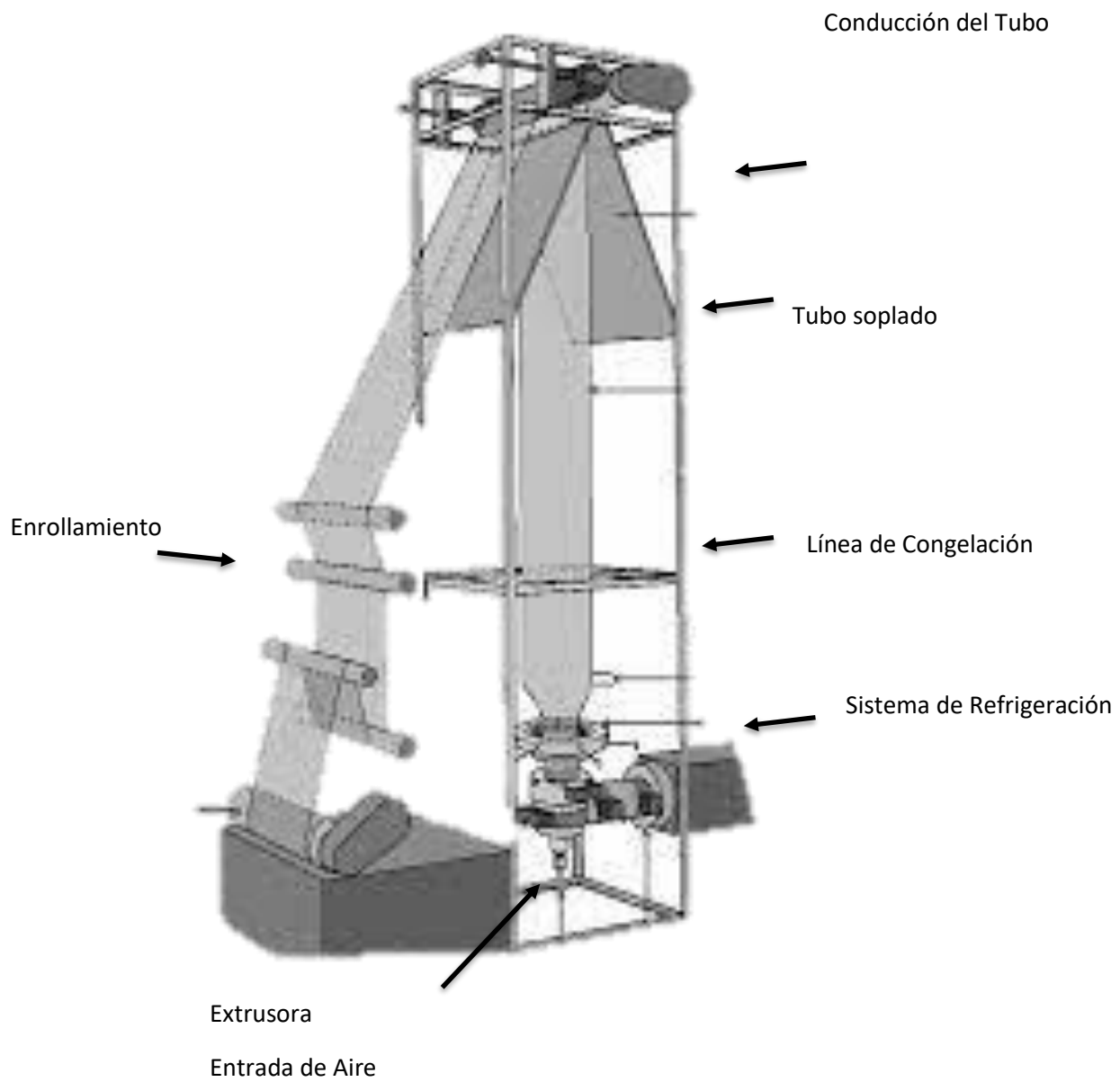
#### 4.1.2 Película Tabular Soplada por extrusión

Polymer cuenta con 28 máquinas de extrusión, como primer paso para la fabricación de una bolsa, los pellets de polietileno deben transformarse en un film, ya sea tubular o plano. Este proceso consta de la extrusión del polímero a través de un dado, seguida de la expansión soplada de tipo burbuja. Este proceso tiene la ventaja de producir el tubo en una sola operación y de forma continua. El espesor de la película se puede regular mediante el volumen de aire dentro de la burbuja y la salida del extrusor.

**Figura 14.**

*Extrusión de película tubular.*

Proceso de Producción del Área Polyfilm – Extrusión



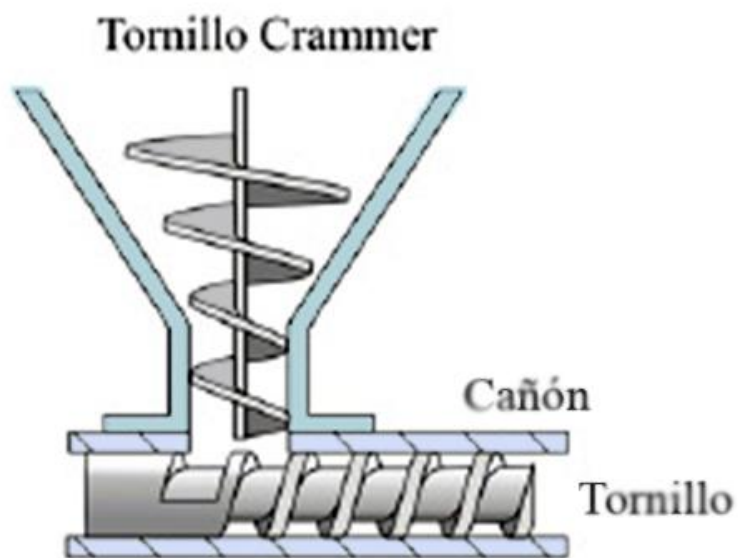
Fuente. Manual de la máquina

Durante el proceso de extrusión, el polímero granulado y frío cae de la tolva al cilindro contenedor del anillo sin fin. El material va aumentando su temperatura y presión a medida que es empujado por los filetes del tornillo, hasta fundir. El aire excedente regresa en retro flujo y el material homogéneamente fundido es extruido hacia el dado.

Una vez que el flujo de material sale de la extrusora se lo dirige hacia el dado que consta de dos cuerpos diametrales, uno interior y otro exterior, que dejan un espacio anular entra ambos por donde sale el PE fundido en forma de tubo. Luego es enfriado con aire del exterior que es uniformemente repartido por un anillo distribuidor.

**Figura 15.**

*Esquema de tolva Crammer - Proceso de Producción del Área Polyfilm – Tolva*



Fuente: Manual de la máquina

Además de esta función dosificadora, tiene una finalidad de almacenamiento intermedio. El producto puede pasar de un silo o un camión a la tolva para, en un momento posterior, ser vertida desde esta a otro depósito menor, una máquina o una cinta transportadora.

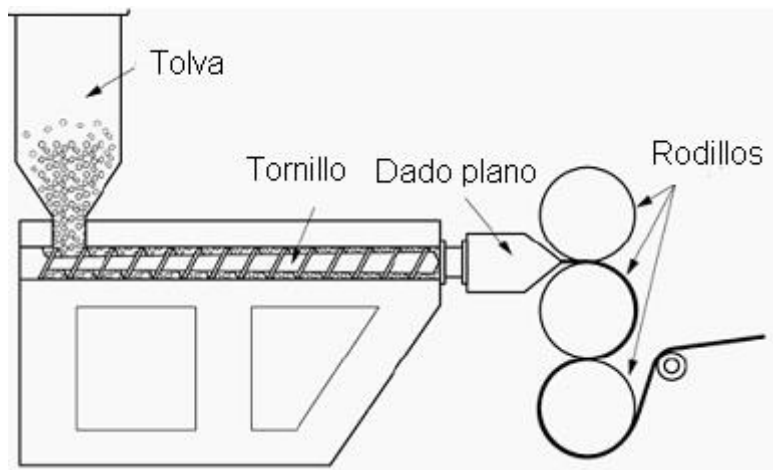
#### 4.1.3 Película Plana Por Extrusión

El dado está formado por dos piezas de este largo que el ancho de la película a extruir. Por medio de tornillos de ajuste, ubicados a lo largo del dado se logra el ajuste perfecto.

Al salir del dado, el material fundido en forma de película cae sobre una serie de rodillos enfriados por agua para alcanzar la temperatura ambiente. Luego, otros rodillos llevan la película al sistema de bobinado. Este proceso ensancha la película, la cual es recortada a la dimensión requerida.

**Figura 16.**

*Sistema de rodillos enfriadores y de bobinado*



Fuente: Manual de la máquina

El proceso de extrusión de película soplada o película tubular es el método más común para la fabricación de películas, y en general se utiliza para fabricar bolsas de plásticos. Más de la mitad de las películas producidas hoy en día se hacen de polietileno, en su mayoría de baja densidad.

#### 4.1.4 Tipos de resina

El polietileno es un termoplástico utilizado mayormente en la producción de películas (films) y en el moldeo por inyección. Mediante la regulación de la temperatura de fusión, la densidad, el peso molecular, la distribución de pesos moleculares y el grado de ramificación, se pueden optimizar las características del polietileno según su uso final.

##### 4.1.4.1 Polietileno de alta densidad (PEAD)

Se obtiene por polimerización del etileno a baja presión (entre 1 y 200 atm). Su resistencia química y térmica, así como su impermeabilidad y dureza son superiores al de baja densidad.

##### 4.1.4.2 Polietileno de baja densidad (PEBD)

El polietileno de baja densidad, también llamado de alta presión, es un sólido parcialmente cristalino de estructura ramificada que funde alrededor de los 115°C. Se obtiene por polimerización del etileno a presiones entre 1.500 a 3.000 atm, y 200°C con catalizador e iniciación por radicales

libres. La polimerización comienza cuando el iniciador se descompone en radicales libres que reaccionan con el etileno, y termina cuando se combinan dos grupos de radicales libres, o cuando un radical hidrógeno se transfiere de una cadena a otra. Tiene menos sensibilidad de corte que el LDPE porque tiene una distribución estrecha del peso molecular y ramificación de cadena corta.

**Figura 17.**

*Tipos de Resinas proceso de Producción del Área Polyfilm – Resina*



Fuente. Manual de la máquina

Las resinas plásticas tienen muchos tipos y se crean calentando hidrocarburos.

#### 4.1.4.3 Refile Programado

La presa que jala el globo, prensa el material este genera una burbuja y aunque es muy poco el aire que se pasa, siempre hay una liberación de aire. Cuando se libera el aire el globo se achica. Si los operadores no le dejan el refile a ambos lados o si ellos no le dejan el refile ancho, el operador sabe que con el paso del tiempo ese refile va ir disminuyendo, tiene que darles tiempo a los operarios para volver a inflar el globo.

En el otro sistema el alineador va corriendo la película, si los operadores dejan el refile muy delgado, cuando el alineador se va corriendo pueda que se salga. Con margen grueso alineador hace que no se salga.

La tensión del centro es mayor, hay que dejarle un espacio para que, al cortar el material, este no se salga. El material debe estar lo suficientemente tenso para que se mantenga dentro.

**Figura 18.**

*Burbuja de Plástico*



Fuente. Empresa Polymer

Los dispositivos que controlan el diámetro de la burbuja se requieren cuando se trabaja con la opción de enfriamiento interno. Estas unidades constan de pequeños rodillos soportados por ejes curvos dispuestos alrededor de la burbuja y mantienen constantemente las dimensiones de ésta.

**Figura 19.**

*Refile de ambos lados*



Fuente. Empresa Polymer

El refile se corta debido a que está establecido el tamaño de la lámina con orden de trabajo, solicitadas según las necesidades del cliente.

#### 4.1.1 estudio de la información de datos del proceso

Los datos mostrados en esta sección son suministrados de la base de datos de la empresa, donde se podrá ver las causas, desperdicio en kilogramos. Para reafirmar la pérdida del valor monetario se realizó un estudio de medición.

Durante los meses de estudios, las mediciones no fueron constante y presentaban variables con respecto a lo establecido. Para realizar el proyecto fue necesario recopilar datos de mediciones de mayo y junio del 2021.

#### 4.1.2 Análisis de los datos de la producción

La tabla 2 muestra los principales desperdicios que se generan a lo largo del proceso durante el año 2021, así como la descripción de estos.

**Figura 20.***Causas de Desperdicio 2021*

	Descripción Coproducto	Desc. Razón
1	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Adherencia
2	MATERIAL REPRO EXTERNO LDPE COLOR	Ajuste de imprenta
3	Mat P/Repro Baja Densidad Bco	Alto/Bajo % de Ingredie Activo
4	MAT P/REPRO ALTA DENSIDAD PANIFRESH	Aprobación interna
5	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Arranque de Máquina
6	MATERIAL REPRO EXTERNO LDPE COLOR	Arrugas
7	MAT P/PELETIZADO BAJA DENSIDAD POLIETILENO OXO	Aserrado
8	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Automático
9	Mat P/ Repro Verde Kanguro OXO	Boquillas sucias
10	Mat P/Repro Baja Densidad Bco	Cambio de rollo, uniones o pega
11	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	COF
12	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Contaminación de materiales
13	Mat P/ Repro Hdpe Natural	Cortes de electricidad
14	Mat P/Repro Baja Densidad Colo	Cuadre de Orden
15	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Curling
16	Mat P/Repro Baja Densidad Bco	Descentrado
17	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Duro
18	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Embobinado incorrecto
19	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Encogimiento
20	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Error en la orden
21	MAT P/ PELETIZADO BIOBASADO VERDE BIORGANI	Escamosidad, ojos de pescado
22	Mat P/Repro Baja Densidad Colo	Especificaciones ancho, largo
23	Mat P/ Repro Hdpe Natural	Falta de Tratado
24	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Geles
25	Mat P/ Repro Hdpe Natural	Impresión, desregis, fant
26	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Limpieza de hules / planchas
27	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Líneas de dado / labio
28	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Manipulación de rollos cartuch
29	MAT P/PELETIZADO BAJA DENSIDAD POLIETILENO OXO	Mantenimiento, fallas equipo
30	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Material de Desecho

31	Mat P/Repro Baja Densidad Colo	Material mal formado
32	MAT P/PELETIZADO BAJA DENSIDAD POLIETILENO OXO	Montaje (No embobinado, etc)
33	MAT P/PELETIZADO BAJA DENSIDAD POLIETILENO OXO	Muestras para calidad
34	Mat P/Repro Baja Densidad Bco	Operación, curva de aprendizaj
35	MAT P/REPRO ALTA DENSIDAD PANIFRESH	Orejas
36	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Pestaña grande
37	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Problema de I&D por fórmula errónea
38	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Problemas de Equipo
39	Mat P/Repro Baja Densidad Bco	Problemas de Materia Prima
40	MAT/P REPRO LDPE INVERNADERO COLOR	Producto dañado por bodega
41	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Pruebas (PRODUCTOS NUEVOS)
42	EXT BOLSA PARA ALIMENTOS CENTINEL 48 PAQ DE 25 UND	Reporte de Produccion
43	MAT P/PELETIZADO BAJA DENSIDAD POLIETILENO OXO	Resistencia de material
44	MAT P/PELETIZADO BAJA DENSIDAD POLIETILENO OXO	Resistencia de material
45	MAT P/REPRO LDPE TERMOENCOGIBLE E INVERNADERO NATURAL	Set-up
46	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Sobrantes de orden
47	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Telescopiado
48	Mat P/ Repro Baja Densidad Nat	Tonos, manchas y tintas
49	MAT P/REPRO ALTA DENSIDAD PANIFRESH	Variación de Espesor

Fuente: Datos suministrados por la empresa Polymer

De la información de desperdicio se logró determinar que automático es una de las causas que más genera gastos. En la planta Polyfim se presenta un desperdicio en cuatro meses de 46,275.91 kilogramos. La información nos permitió hacer un análisis estadístico, para determinar las principales causas. La suma de las cantidades de materia prima está en kilogramos y corresponde al desperdicio generado de enero a abril 2021. En la descripción de la máquina se especifica si la máquina cuenta con otra máquina, que le ayude a mitigar la pérdida de material, ya sea recicladora o alineador para controlar el refile programado. En la tabla se puede ver reflejado el porcentaje de desperdicio por cada máquina.

Con la información obtenida, cantidad de defectos ordenados por frecuencias, se procede a realizar un cálculo de los porcentajes relativos y acumulados, de esta manera se generó el gráfico que permite interpretar los datos obtenidos.

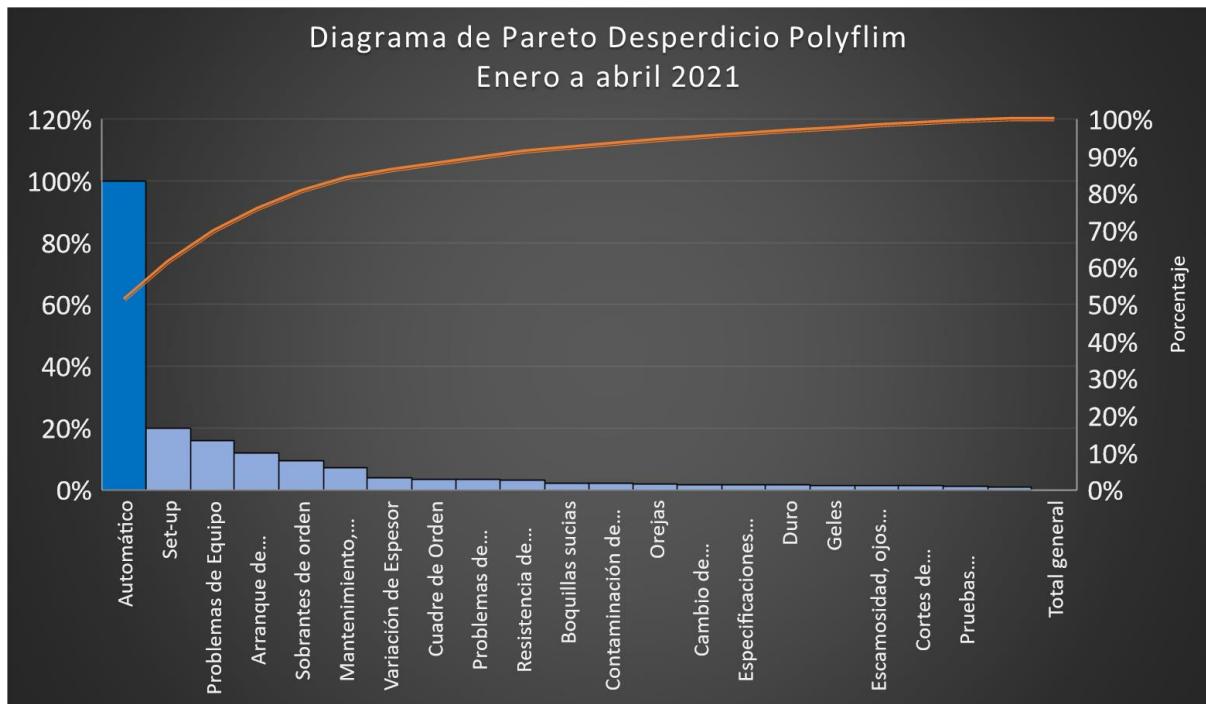
Con la información obtenida, cantidad de defectos ordenados por frecuencias, se procede a realizar un cálculo de los porcentajes relativos y acumulados, de esta manera se generó el gráfico que permite interpretar los datos obtenidos.

Con la información obtenida, cantidad de defectos ordenados por frecuencias, se procede a realizar un cálculo de los porcentajes relativos y acumulados, de esta manera se generó el gráfico que permite interpretar los datos obtenidos.

Lo anterior se detalla en el siguiente diagrama de Pareto:

**Figura 21.**

*Pareto de Desperdicio Indicadores Polyflim 2021*



Fuente: Datos suministrados por la empresa Polymer

De la estadística del Pareto se realizó el gráfico con todas las causas de desperdicio en los primeros cuatro meses del año 2021. Donde se puede observar que el 20% de los desperdicios generados está enfocado en el sistema automático.

Lo anterior se detalla en la siguiente tabla en la cual se detalla el porcentaje de desperdicio según la materia prima de cada máquina. En la cual se puede ver reflejado el porcentaje de desperdicio con maquina o reciclador.

**Tabla 2**

*Desperdicio Indicadores Polyflim 2021*

Etiquetas de fila	Suma de Cantidad Prim KG	Descripción Maquina	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
<b>E02</b>	9.899,95	No Reciclador	21,39%	21,39%
<b>E16</b>	9.359,34	No Reciclador	20,23%	41,62%
<b>E14</b>	8.609,81	No Reciclador	18,61%	60,22%
<b>E03</b>	5.702,10	No Reciclador	12,32%	72,55%
<b>E07</b>	4.213,08	Alineador	9,10%	81,65%
<b>E05</b>	4.032,62	Alineador	8,71%	90,36%
E12	2.717,45	Reciclador	5,87%	96,24%
E33	1.217,74	Producto Especifico	2,63%	98,87%
E27	301,03	No son significativas	0,65%	99,52%
E10	80,00	No son significativas	0,17%	99,69%
E01	36,00	No son significativas	0,08%	99,77%
CPM2	25,45	No son significativas	0,05%	99,82%
E09	21,50	No son significativas	0,05%	99,87%
E04	21,00	No son significativas	0,05%	99,92%
E19	16,04	No son significativas	0,03%	99,95%
E06	14,00	No son significativas	0,03%	99,98%
E17	8,80	No son significativas	0,02%	100,00%
<b>Total</b>	<b>46.275,91</b>		<b>100%</b>	

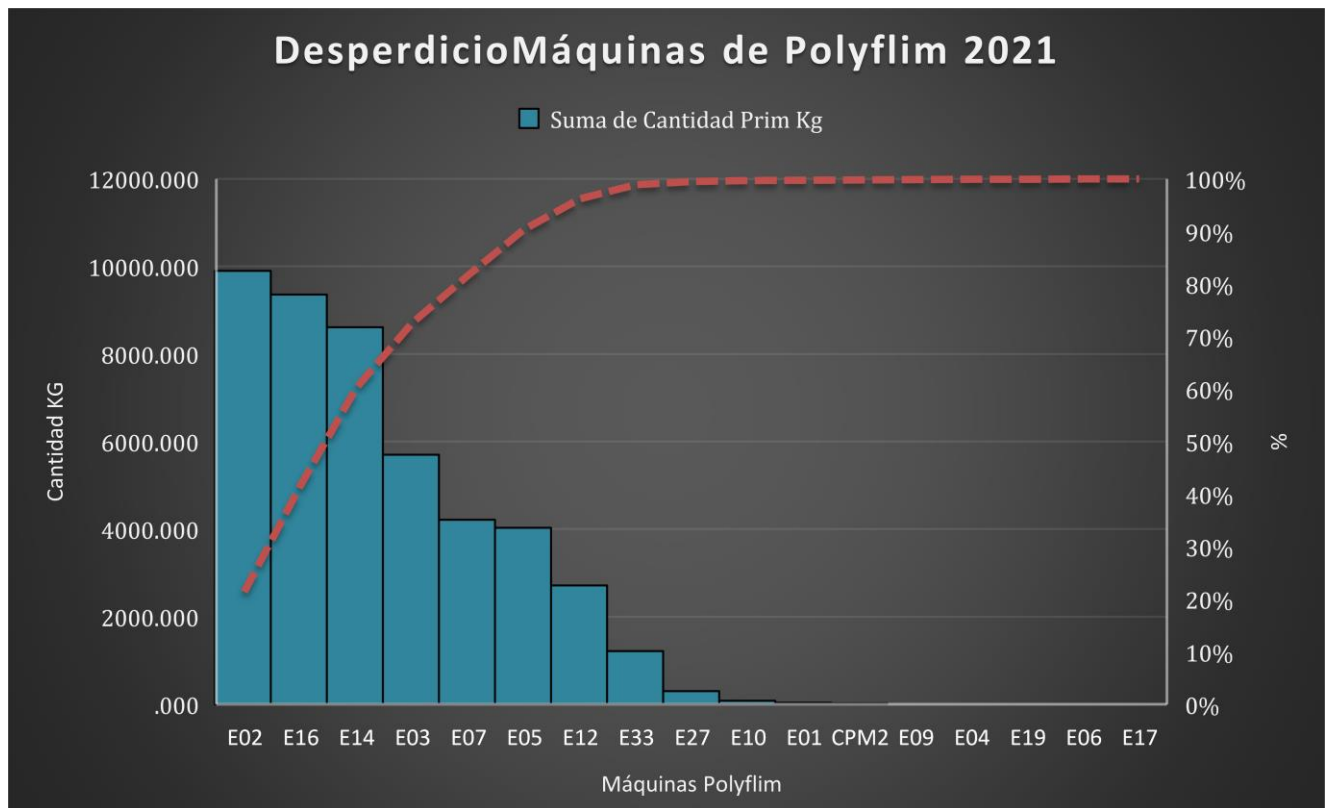
Fuente: Datos suministrados por la empresa Polymer

Una vez realizada la debida clasificación a cada una de las causas detalladas en las estadísticas, se construye el siguiente Diagrama de Pareto. Se identifican cuales son las maquinas que tienen un mayor impacto económico en el área de extrusión.

De la información anterior se realizó un Pareto de todas las máquinas del área de extrusión con esto identificar cuáles son las que más nos generan desperdicio.

**Figura 22.**

*Pareto de Desperdicio por maquina Indicadores Polyflim 2021*



Fuente: Datos suministrados por la empresa Polymer

De acuerdo con los resultados del análisis anterior, las máquinas que generan mayor desperdicio no cuentan con un dispositivo que ayude a disminuir el desperdicio. En la tabla se muestran los siguientes valores los cuales corresponden a las máquinas y la cantidad de desperdicio de materia prima, detallan en la siguiente figura.

**Tabla 3.***Desperdicio Costo Indicadores Polyflim 2021*

Tabla de enero a abril 2021. Desperdicio de Automático

<b>Máquinas</b>	<b>Cantidad Prim KG</b>
E17	8.80
E06	14.00
E19	16.04
E04	21.00
E09	21.50
CPM2	25.45
E01	36.00
E10	80.00
E27	301.03
E33	1,217.74
E12	2,717.45
E05	4,032.62
E07	4,213.08
E03	5,702.10
E14	8,609.81
E16	9,359.34
E02	9,899.95
<b>Total general</b>	<b>46,275.91</b>
<b>2,4/kg</b>	<b>111,062.18</b>
<b>617 \$</b>	<b>¢68,525,367.53</b>

Fuente: Datos suministrados por la empresa Polymer

Por medio de un reporte generado por el departamento de la producción de Polymer, se muestra el desperdicio únicamente en las máquinas del área, lo que es equivalente a 111,062.18 kilogramos de materia prima esto multiplicado por el valor de la materia prima que tiene un costo de 2.4 \$/kg,

tomando el valor del dólar actual de \$617 el desperdicio en estas máquinas es de ¢68,525,367.53.  
en el mes de enero a abril 2021.

#### 4.2 Datos y análisis del área de trabajo.

Se realizaron análisis de datos con las muestras tomadas en todas las maquinas estudiadas E02, E03, E05, E07, E14 Y E16, en los meses de mayo y junio del 2021. Con el fin de determinar las causas de los desperdicios en esta área.

Las mediciones se realizaron con una regla, se tomó la medición en centímetros de los anchos de cada refile de cada lado de máquina.

Para conocer más detalladamente las diferentes máquinas de esta área, se realizó un gráfico para analizar y comparar los anchos de cada refile.

Los refiles deben ser cortados según el programa, pero en los gráficos se muestra las discrepancias obtenidas.

**Acorde a lo Programado:** esto significa que las medidas están todas según a lo acordado.

**Mayor a lo Programado:** las medidas pasaron el límite de lo solicitado.

**Menor a lo Programado:** un refile y especificaciones menores a las solicitadas por el cliente.

La información fue brindada del muestreo que se realizó en el área de Polyflim en cada una de las máquinas a estudiar. Los datos de la tendencia representan el total con respecto a lo programado por la máquina.

A continuación, se presenta los siguientes datos de la tabla 4 con el resumen de las tendencias para de la actividad de la máquina E02:

**Tabla 4.**

*Tendencia Indicadores Polyflim 2021*

Refile Máquina E02

Tendencial del refile	Total tendencia	%
Acorde a lo Programado	3	27%
Mayor a lo Programado	7	64%
Menor a lo Programado	1	9%
		<b>100%</b>

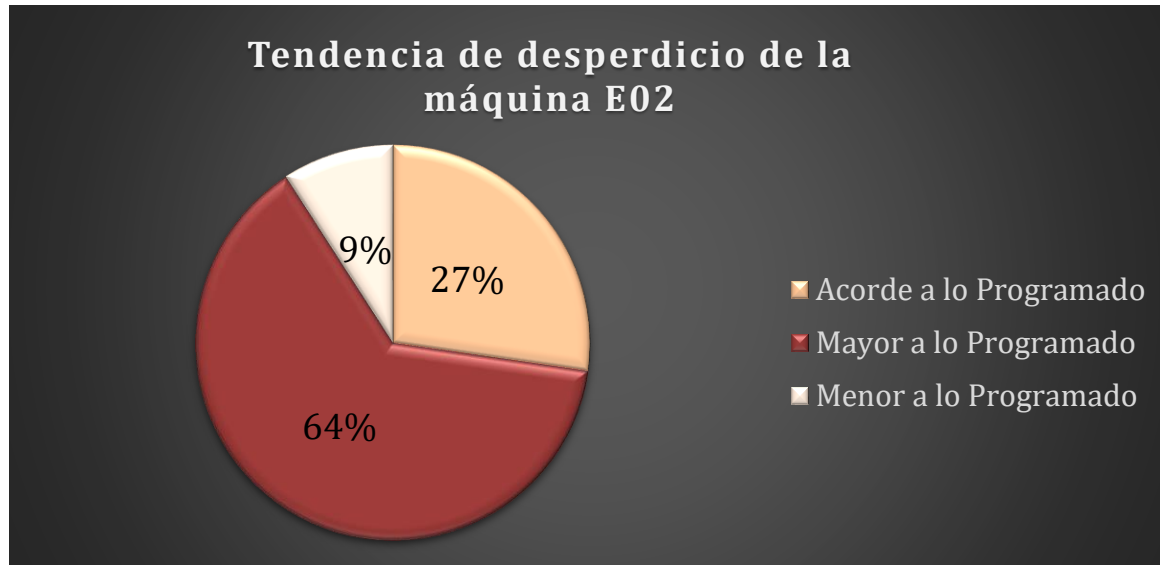
Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Tabla 6, la tendencia del refile tiende a un dato mayor a lo programado con un 64%, en comparación a la tendencia menor con un 9%.

El 91% corresponde a la actividad improductiva en la figura 23, se muestra los resultados de la maquina E02.

**Figura 23**

*Gráfico Tendencia máquina E02*



Fuente: Elaboración Propia

En el resultado se muestra como la máquina E02 presenta un alto porcentaje de desperdicio con un 64% mayor a lo programado en la máquina, en el mes de mayo 2021, mientras el 27% corresponde a menor desperdicio programado. Evidenciando solo un 9% de cumplimiento acorde con lo establecido en la orden de trabajo.

Se presenta una tabla de la máquina E02, con el resumen de estas actividades para llegar a esta conclusión.

A continuación, se presenta el resultado de las mediciones de refiles de la máquina E03:

**Tabla 5.**

*Tendencia Indicadores Polyflim 2021*

Refile Máquina E03

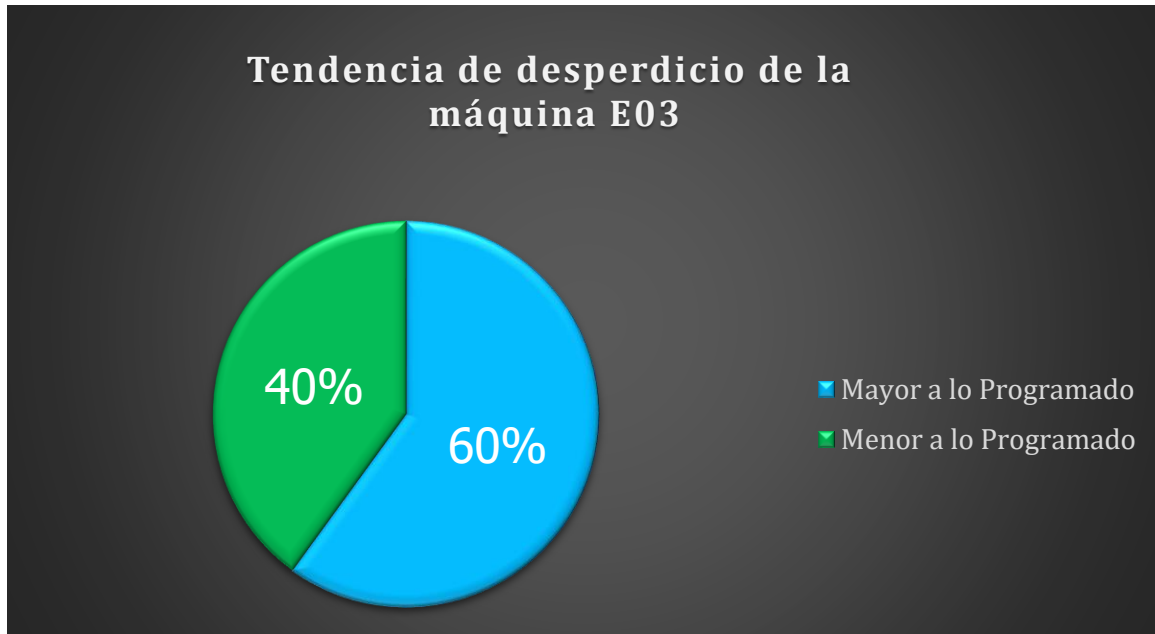
Tendencial del refile	Total Tendencia	%
Mayor a lo Programado	3	60%
Menor a lo Programado	2	40%
		<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla 7, el desperdicio se ve representa un 100%, ya que no en la E03 no se logró un dato acorde a los programado. El dato del refile es mayor 60% y un refile menor de 40%. De la tabla 7 se procede a graficar lo siguiente.

**Figura 24.**

*Gráfico Tendencia Maquina E03*



Fuente: Elaboración Propia.

Según el gráfico anterior se demuestra, que del 100% del refile programado por la orden en el mes de mayo 2021 un 60% corresponde a mayor a lo programado en la orden, lo que tenemos como pérdida; mientras que el restante 40% corresponde a un menor porcentaje de refile programado.

A continuación, se presenta el resultado de las mediciones de refiles de la máquina E05:

**Tabla 6.**

*Tendencia Indicadores Polyflim 2021*

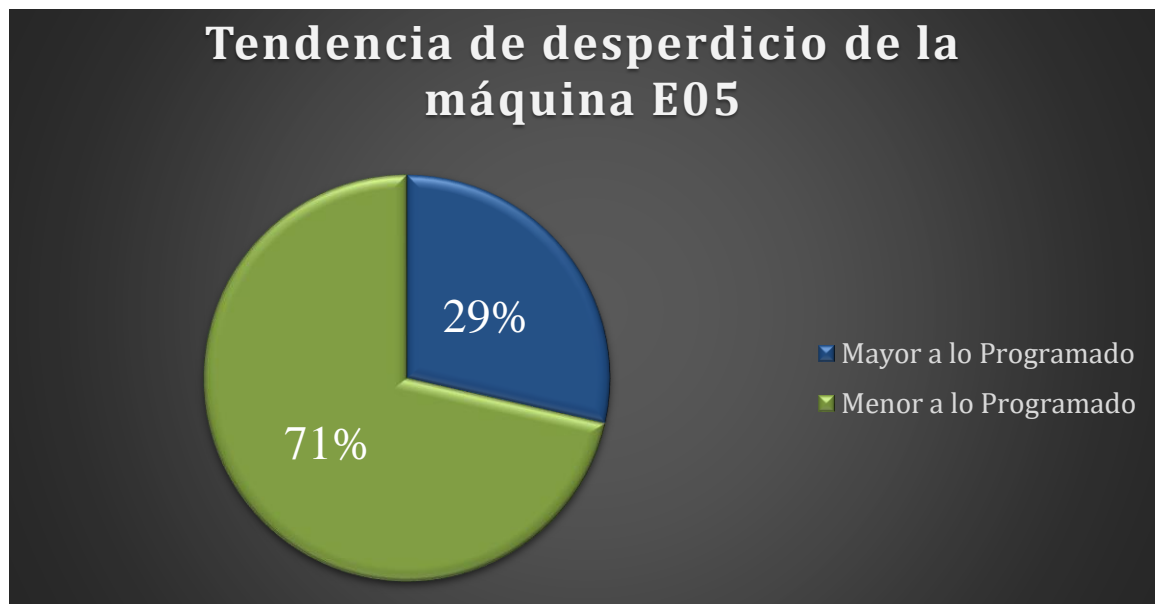
Refile máquina E05

Tendencial del refile	Total	Tendencia	%
Mayor a lo Programado	2		29%
Menor a lo Programado	5		71%
			<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 25.**

*Figura de gráfico Tendencia Maquina E05*



Fuente: Elaboración Propia.

Según el gráfico anterior en porcentajes entre Mayor a lo programado y menor a lo programado, el resultado de 71% pertenece menor a lo programado; la cual es una pérdida menor, en un periodo de estudio de mayo.

A continuación, se presenta el resultado de las mediciones de refiles de la máquina E07:

**Tabla 7.**

*Tendencia Indicadores Polyflim 2021*

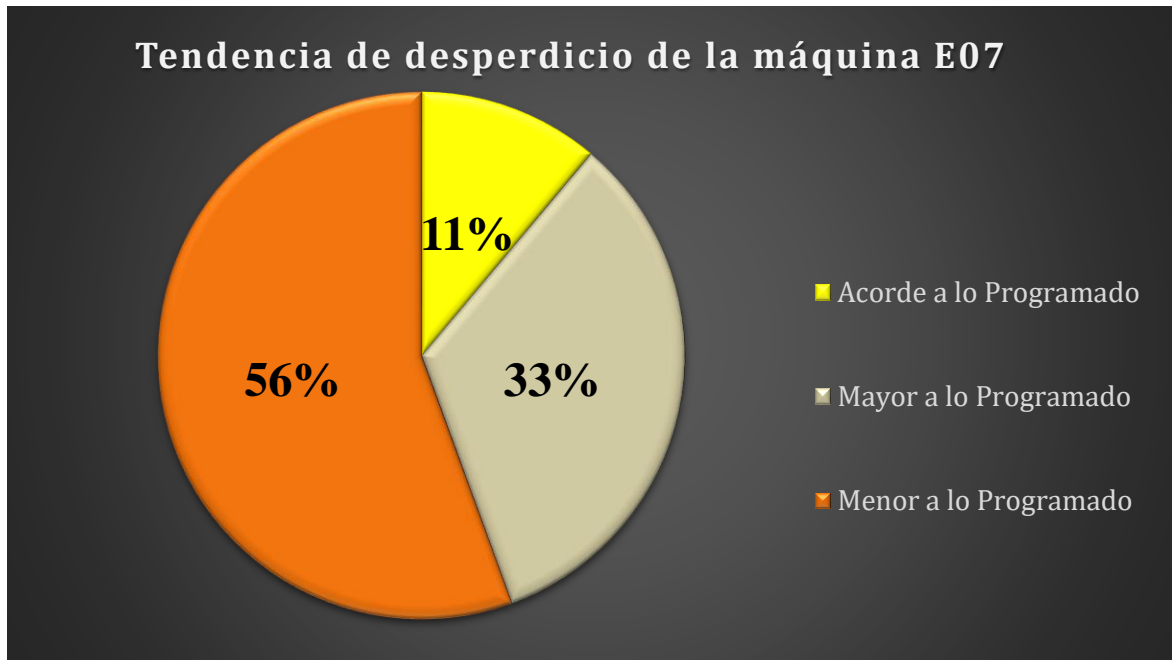
Refile Máquina E07

Tendencial del refile	Total Tendencia	%
Acorde a lo Programado	1	11%
Mayor a lo Programado	3	33%
Menor a lo Programado	5	56%
		<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 26.**

*Figura de gráfico Tendencia Máquina E07*



Fuente: Elaboración Propia.

De los datos recopilados en el mes de mayo 2021 en el área Polyflim, se puede comparar de un 56% un refilado menor a lo programado, un 33% mayor a lo programado y solo un 11% Acorde con lo programado en la orden.

A continuación, se detallan las tendencias de la máquina E14:

**Tabla 8.**

*Tendencia Indicadores Polyflim 2021*

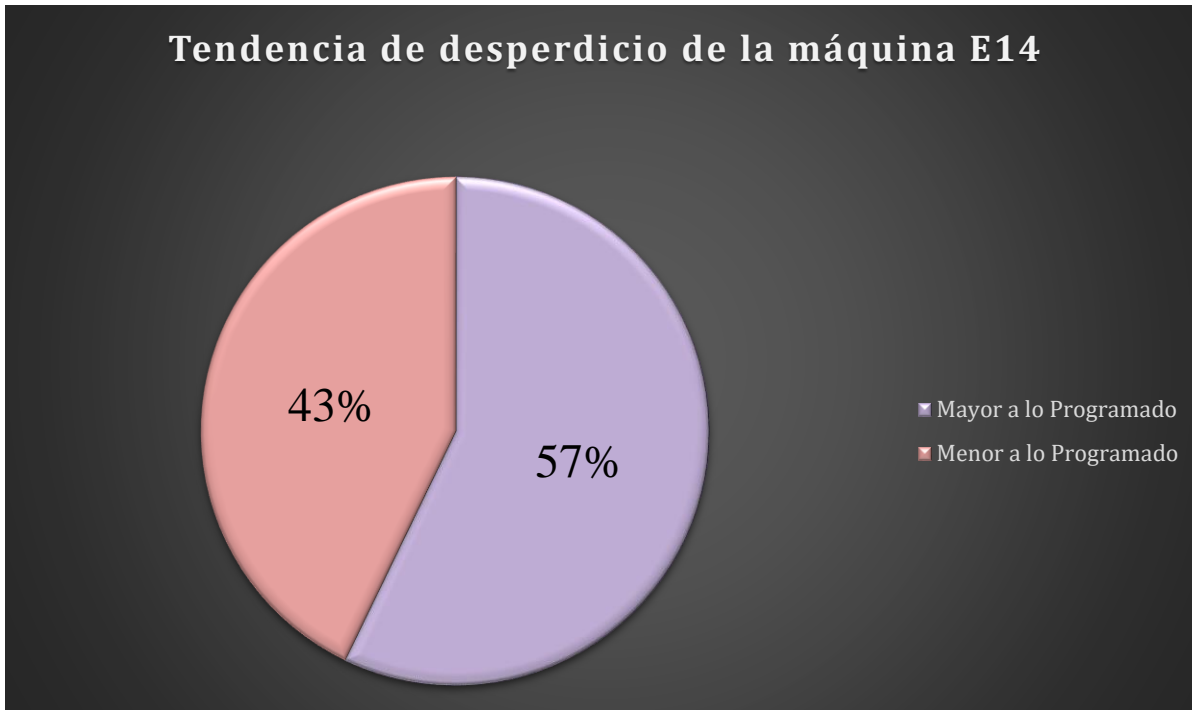
Refile Máquina E14

Tendencial del refile	Total Tendencia	%
Mayor a lo Programado	4	57%
Menor a lo Programado	3	43%
		<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 27.**

*Figura de gráfico Tendencia máquina E14*



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico del mes de mayo 2021 nos indica que hubo un incremento de pérdida, con un 57% mayor al refile programado por la orden de trabajo.

El siguiente cuadro detalla las tendencias con respecto a la máquina E16, el detalle a continuación.

**Tabla 9.**

*Tendencia Indicadores Polyflim 2021*

Refile Máquina E16

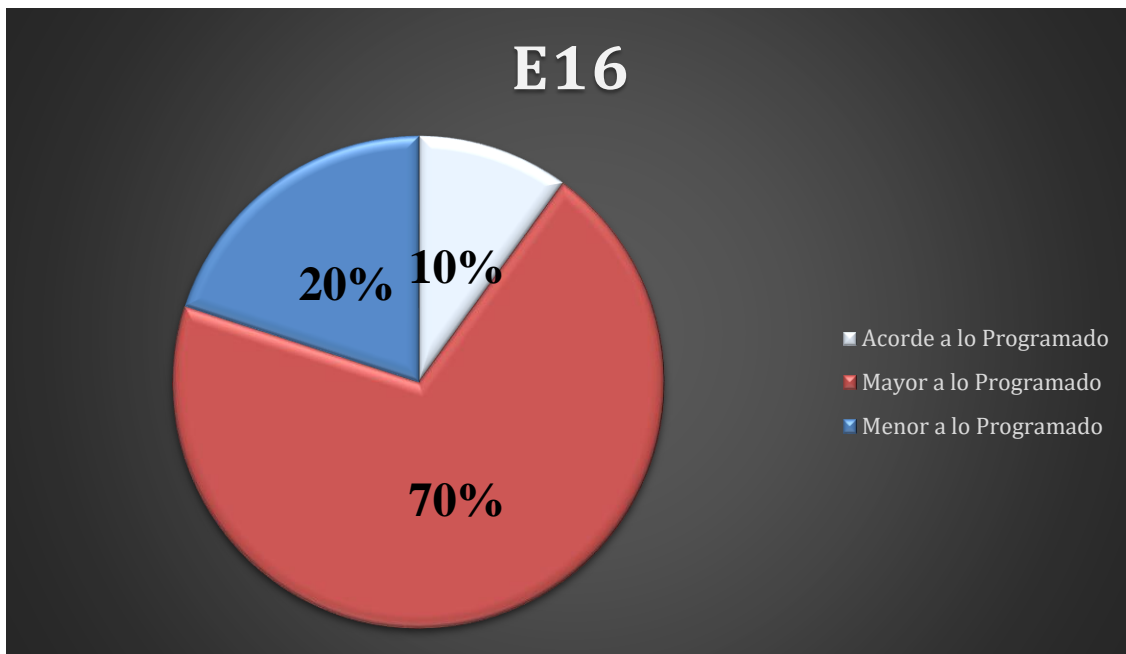
Tendencial del refile	Total Tendencia	%
Acorde a lo Programado	1	10%
Mayor a lo Programado	7	70%
Menor a lo Programado	2	20%
		<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

La tendencia de la máquina E16 tiende a un desperdicio mayor a lo programado generando que este material virgen lo envíen a paletizar.

**Figura 28.**

*Figura de gráfico Tendencia Maquina E16*



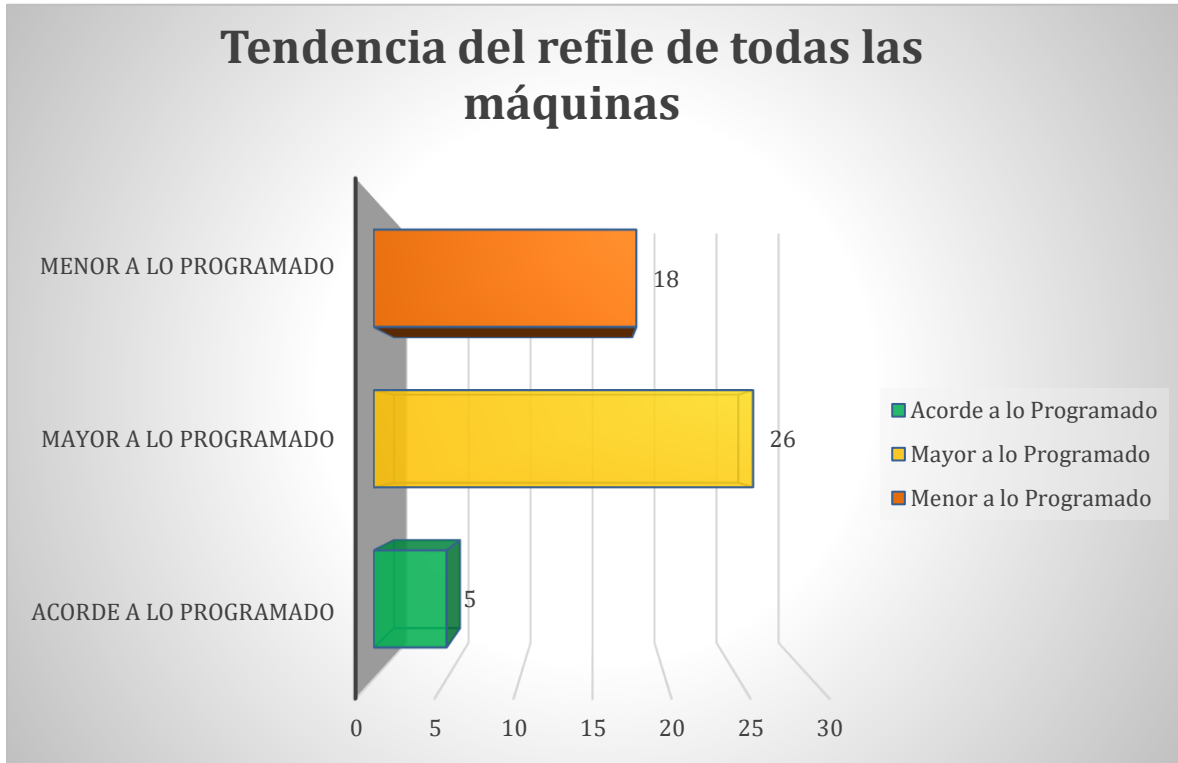
Fuente: Elaboración Propia.

En este gráfico podemos demostrar un aumento de un 70% de desperdicio debido a un mayor refile programado. Y solo un 20% menor a lo programado.

Con toda la información, se procede a realizar el gráfico de Pareto del refile de todas las máquinas de las cuales se tomó la muestra, este se expone a continuación:

**Figura 29.**

*Figura de gráfico Tendencia Todas las máquinas*



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con las muestras tomadas en los meses de mayo a junio del 2021. Las máquinas presentan un porcentaje mayor del desperdicio por refile.

Lo que significa que la empresa está aportando más material a la empresa a la cual se le vende el producto.

El corte del plástico no va de acuerdo con las especificaciones establecidas. Solo un porcentaje muy bajo trabaja con acorde a lo programado.

### 4.3 Identificar las causas que afectan al proyecto

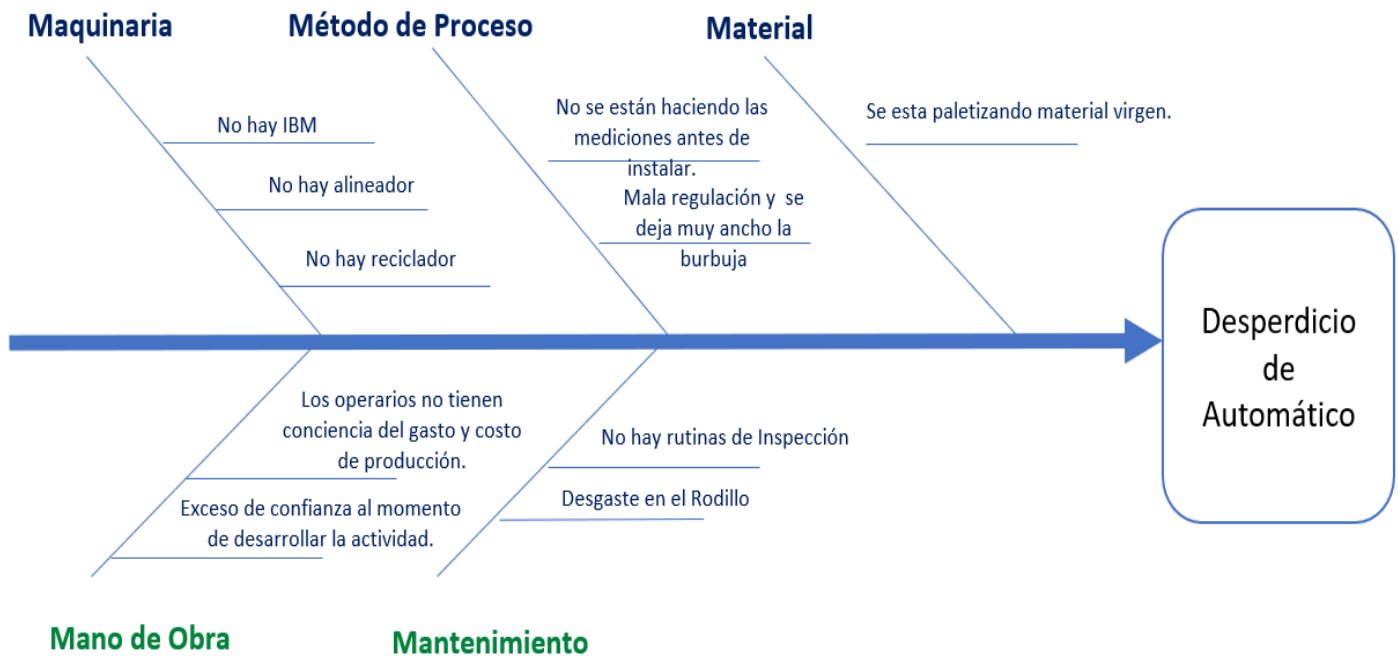
#### 4.4.1 Diagrama de Ishikawa.

Para conocer las causas específicas del problema se decidió hacer un diagrama de Ishikawa.

Estas fueron analizadas para comprobado cual realmente está causando el efecto que se quiere eliminar. A partir del diagrama de Ishikawa se muestra puntos de mejora que pueden ser determinantes en el momento de reducir el desperdicio, el diagrama se realizó con entrevista a supervisores, operarios e ingenieros de la planta Polymer.

**Figura 30.**

Diagrama Ishikawa Problema Polymer



Fuente: Elaboración Propia

De las causas observadas se hizo un Diagrama de Ishikawa y se determinaron los siguientes factores que pueden estar involucrados:

#### 4.4.1.1 Maquinaria.

- **No hay IBC:** Mala regulación de la burbuja, hay un regulador llamado IBC, que hace que se mantenga el ancho del globo, al no tenerlo el operador lo infla manualmente y lo infla más de la cuenta porque con el paso del tiempo, este se va haciendo más pequeño y eso hace que se dé una pérdida de aire. Contaminación en las mangueras del IBC, con el tiempo el calor tiende a cristalizar el plástico y ese hace que se quiebre, deformación en las tuberías, se deforman por el calor. Se considera un problema porque al no tener esta máquina el operador lo hace manualmente generando más errores.

**Figura 31.**

*IBC*



Fuente: Suministrada por taller mantenimiento de Polymer

- **No hay Alineadores:** Solo se cuenta con un alineador, estas máquinas hacen que la lámina plástica no varíe de lugar, a través de un emisor de rayo láser, un prisma que recibe el rayo y un detector digital, el operador obtiene la información correcta para la alineación de los ejes. El detector electrónico permite el ingreso de las medidas de los ejes y detecta la inclinación de estos. La empresa no cuenta con más alineadores porque no se ha hecho el estudio si esta máquina sea factible para el proceso. Es un problema porque se desperdicia más material.
- **No hay Recicladora:** Solo se cuenta con una máquina recicladora, las máquinas de reciclaje cumplen una función primordial a la hora de reducir el impacto de las actividades y contribuyendo con ello al ciclo integral del producto dentro de la economía circular. Es un problema porque se desperdicia más material.

#### 4.4.1.2 Método de Proceso

- **Los operarios no están haciendo las mediciones en la máquina:** No se cuenta con un proceso estándar en donde se indique el procedimiento a seguir.
- **Mala regulación y se deja muy ancho la burbuja:** Los operarios dejan el ancho de la burbuja porque está siempre genera una liberación de aire, cuando se libera este aire, el globo se va haciendo más pequeño y al dejarlo grueso esto hace que les de tiempo para volver a inflar la burbuja.

#### 4.4.1.3 Material

- **Se está paletizando la resina virgen:** lo que está provocando que esta sea mezclada con otros tipos de resinas y no se pueda utilizar como virgen, como en producto donde se necesite una resina de menor densidad.

#### 4.4.1.4 Mano de obra

- **Los operarios no tienen conciencia del gasto y costo de producción:** Aunque los operadores saben la medida del ancho del refile, porque esta está establecida en la orden de trabajo, para ellos por razones de experiencia les es más fácil dejar un refile ancho para beneficio propio ya que con esto, ellos tienen tiempo para hacer el cambio de material, sin que la burbuja se disminuya. Este proceso no es verificado en el momento. Y se ve reflejado en la estadística de desperdicio final.
- **Experiencia muchos años. Exceso de confianza:** como se muestra en la base tomada de recursos Humanos los operarios cuenta con experiencia de años. Al tener tantos años de realizar la misma labor no hace mediciones antes de instalar. Los operadores de la siguiente tabla son los operarios que tienen experiencia como operadores en otras empresas.

**Tabla 10.**

Experiencia de Trabajadores.

<b>Código Empleado</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha Original</b>	<b>Descripción Puesto</b>
200250	LOPEZ LOPEZ PABLO JOSE	5/19/1997	OPERADOR 1 EXT
200259	ZUÑIGA CASTILLO OSVALDO	10/10/2018	OPERADOR 2 EXT
200529	NAVARRO CAMACHO EDWIN	4/2/2001	OPERADOR 2 EXT
200665	FRANQUEIRO MUNOZ CARLOS MANUEL	3/19/2002	OPERADOR
201041	REYES NOGUERA JOSE LUIS	10/25/2004	OPERADOR 1 EXT
201212	OTAROLA ARIAS TEYLOR	7/12/2005	OPERADOR 1 EXT
201561	NUÑEZ SERRANO WILDY	4/22/2019	OPERADOR 2 EXT
201957	SOLANO MADRIGAL OSCAR JOSUE	2/13/2007	OPERADOR 2 EXT
205376	GARMENDEZ PAEZ AGUSTIN	11/9/2020	OPERADOR 1 EXT
206405	MARTINEZ VARNES MARIO ROBERTO	1/10/2011	OPERADOR 1 EXT
206431	ULLOA HERNANDEZ RICARDO ANTONIO	7/28/2021	OPERADOR 1 EXT
207337	CHACON MIRANDA DOMINGO	2/27/2012	OPERADOR EXT
207587	FERNANDEZ ZUÑIGA JORGE ANDRES	6/4/2012	OPERADOR 1 EXT
209171	AVELLAN HERNANDEZ FRANCISCO ARTURO	10/27/2014	OPERADOR 2 EXT
209764	CASTILLO REYES JOSE LUIS	6/21/2021	OPERADOR 2 EXT
209785	SAENZ RIOS SANTOS IVAN	3/2/2015	OPERADOR 1 EXT
212100	CHACON CUADRA MARVIN EDUARDO	2/5/2018	OPERADOR 1 EXT
212204	SALINAS SOBALVARRO MARVIN	3/5/2018	OPERADOR 1 EXT
212469	OROZCO QUIROS CARLOS ENRIQUE	7/2/2018	OPERADOR 1 EXT

Fuente: Estadística Trabajadores de Polymer

En la base de datos, se muestra como la mayoría de los operadores del área de extrusión tienen muchos años de laboral para la empresa

#### 4.4.1.5 Mantenimiento

- **Ho hay rutinas de inspección.** Solo cuando se daña el equipo o cuando el operador pide que lo reparen o lo limpien.
- **Desgaste en el Rodillo:** Es evidente que con el paso de los años se vayan gastando o teniendo problemas de rodamiento.

#### Figura 32.

Desgastes de Rodillos



Fuente: Suministrada por taller mantenimiento de Polymer

- **Cambio de Color del reciclador:** El reciclador solo funciona para un solo color por lo general es transparente, el color que más se usa. Si entra otro producto de otro color a esta máquina no se pone a trabajar la recicladora porque es muy costoso limpiarla. Generalmente se trabaja solo con transparente que es más del 90% de los productos que pasan por ahí.

#### 4.4.1.6 Medio Ambiente

Se determinó que no se cuenta con factores de temperatura ni estaciones que generen cierto impacto en el funcionamiento de la empresa.

#### 4.4.2 Interpretación del diagrama anterior

Maquinaria es una de las causas con mayor relevancia, las máquinas son viejas por lo que no están diseñadas para el reciclaje del producto, debido a los avances que se han obtenido en el transcurso del tiempo se la logrado diseñar otros implementos tales como el alineador y la recicladora que están diseñados para reducir el desperdicio. Pero estos son adicionales.

Otro es el método del proceso, tras meses de estudio y entrevistas, se analizó por qué los operarios no están realizando las mediciones de acuerdo con lo establecido por la orden de trabajo. Si se

verifica el trabajo realizado al enviarlo a conversión se identifica que el trabajo que llega de extrusión no cumple con las especificaciones.

Al conversar con los operarios y supervisores ambos coinciden que el refile debe quedar más ancho para evitar inconvenientes a la hora de enrollar el plástico, no se cuenta con respaldo ya que este proceso siempre se ha hecho así. El procedimiento no está estandarizado por el departamento de calidad, los operarios dejan el refile ancho para no tener problemas a futuro.

No se cuenta con un catálogo de mantenimiento, porque el personal de mantenimiento no tiene un calendario de visitas.

A través de los años se ha analizado diferentes pruebas sobre el grosos del refile, sin embargo, al realizarlas se ha determinado que es mucho más el desperdicio de material por, porque no cuenta con el tiempo suficiente para hacer el cambio de burbuja lo que provoca que se desperdicie más material, así como el tiempo.

#### 4.4.3 Técnica de 5 Por qué

Para aplicar esta técnica se realizaron entrevistas entre los operarios de las máquinas y los supervisores.

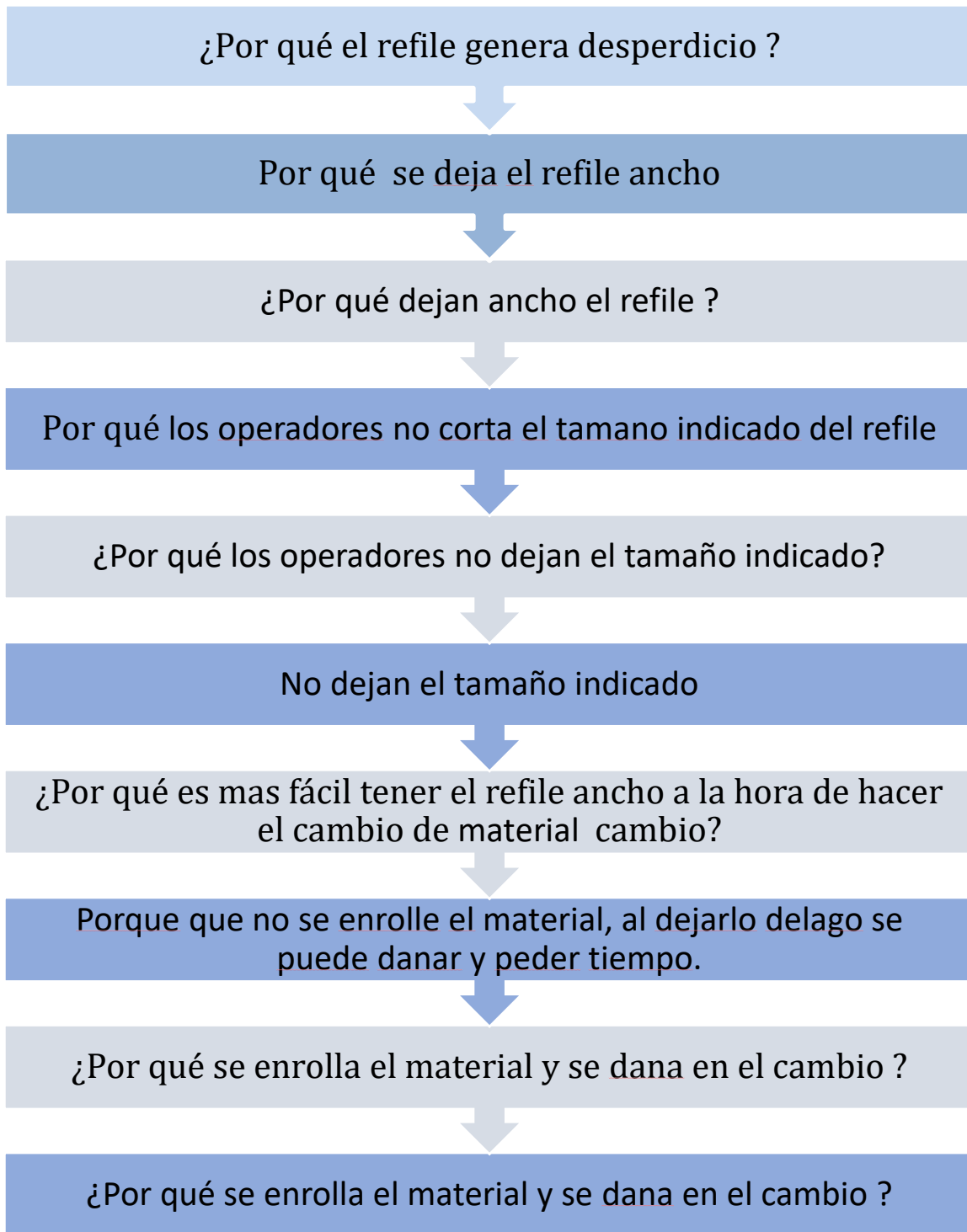
Y el problema que se presenta es en el rollo de la máquina que los operarios dejan el rollo muy ancho, el cual se indica en la hoja de trabajo, según las entrevistas realizadas, es más fácil dejar el refil de este tamaño para a la hora de hacer el cambio este no afecte, al poner el nuevo producto. Ya que, según la experiencia de los supervisores y los operarios, si se deja el material delgado este se enrolla y sea difícil de cambiar, se pierda tiempo o dañe el rollo.

A continuación, se muestra las principales preguntas según el análisis.

#### **Figura 33.**

*Esquema 5 Por qué*





Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.4.4 Conclusiones del análisis de las causas

A continuación, se detallan las principales conclusiones de este capítulo, las mismas serán de ayuda para elaborar las propuestas de mejora del siguiente capítulo.

Por medio del Diagrama de Ishikawa se clasifican las principales causas que están generando los desperdicios en la línea de producción.

Se logra determinar de los 5 Por qué uno de los problemas del ancho del refile.

Se deduce las principales causas que generan el desperdicio en el área de automático.

Las máquinas de automático están diseñadas para que el rollo debe tener el refile, este desperdicio, se debe generar lo que se requiere es eliminar o minimizar este refile, ya que existen maquinas que puede reducir o mantener el refile con el ancho establecido por la orden de trabajo y hay maquinas recicladoras que eliminan el desperdicio.

Si el operario deja el refile más delgado este se enrolla, que no salga el rollo de plástico solicitado. Con lo que se analizó que si se deja delgado el refile puede provocar pérdida y atrasos en los procesos.

# **Capítulo V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

De las principales conclusiones y causas que se destacaron en el capítulo IV, se procederá en este capítulo a generar las propuestas que van a disminuir los desperdicios en el área de extrusión. Con esto se mejorará el desperdicio en esta área.

Las máquinas que se analizaron fueron las máquinas con mayor desperdicio. El análisis se realizó incluyendo las máquinas que cuentan con alineadores y recicladoras. Según la estadística enero a abril del 2021, suministrada por la empresa.

En el siguiente cuadro se muestra las máquinas que tienen un mayor desperdicio según la estadística de Polymer.

**Tabla 11.**

*Tabla de desperdicio de materia prima*

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Suma de Cantidad Prima</b>	<b>Herramienta</b>
<b>E12</b>	2,717.45 kg	Reciclador
<b>E05</b>	4,032.62 kg	Alineador
<b>E07</b>	4,213.08 kg	Alineador
<b>E03</b>	5,702.10 kg	No Reciclador
<b>E14</b>	8,609.81 kg	No Reciclador
<b>E16</b>	9,359.34 kg	No Reciclador
<b>E02</b>	9,899.95 kg	No Reciclador

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos se tomaron según la estadística de enero a abril 2021. En la que se puede observar las máquinas con mayor desperdicio y las herramientas que se utilizan para reducir el desperdicio.

Las propuestas están basadas en la estadística desperdicio. Ya que como se muestra en el recuadro las máquinas con menor desperdicio tiene alineador y reciclador.

Para las recomendaciones se va a utilizar la fórmula de retorno de la inversión.

### 5.1. Primera propuesta de mejora #1. Alineador

Se propone la compra de un alineador para sostener y alinear las láminas de plástico durante del proceso, manteniendo una alineación perfecta entre ellas.

Esta máquina ayuda a la lámina a tener una alineación correcta previene los defectos de calidad y aumenta la productividad.

Las máquinas del área de extrusión son muy viejas, por lo que a través vez del tiempo se han creado implementos para disminuir el desperdicio de ellas.

El siguiente recuadro muestra el estudio de muestro que se realizó en el área de extrusión.

Figura 34.

Tabla de enero a abril 2021

## ESTADÍSTICA POLYFLIM REFLI 2021

Fecha	Maquina	Orden	Color	Operador	Refil Programado			Refil Real	Diferencia	Tendencia
5/7/2021	E07	698575	TRASPARENTE	MARIO	6	1.7	1.9	3.6	2.4	Menor a lo Programado
5/7/2021	E05	698655	TRASPARENTE	AGUSTIN	6	2.3	4	6.3	-0.3	Mayor a lo Programado
5/7/2021	E14	698251	TRASPARENTE	AGUSTIN	6	2.2	2	4.2	1.8	Menor a lo Programado
5/7/2021	E03	698484	TRASPARENTE	AGUSTIN	6	2	2.8	4.8	1.2	Menor a lo Programado
5/7/2021	E02	698589	TRASPARENTE	PABLO	6	2.7	4	6.7	-0.7	Mayor a lo Programado
5/10/2021	E07	698575	TRASPARENTE	IVAN	6	4.3	3	7.3	-1.3	Mayor a lo Programado
5/10/2021	E05	698677	TRASPARENTE	MARVIN	6	1.6	3.1	4.7	1.3	Menor a lo Programado
5/10/2021	E14	698629	TRASPARENTE	MARVIN	6	2.9	3.2	6.1	-0.1	Mayor a lo Programado
5/10/2021	E02	698541	TRASPARENTE	DROZCO	6	4.3	4.8	9.1	-3.1	Mayor a lo Programado
5/10/2021	E16	698156	TRASPARENTE	IVAN	4	3.8	3.8	7.6	-3.6	Mayor a lo Programado
5/11/2021	E07	698574	TRASPARENTE	JUAN	6	3.2	2.4	5.6	0.4	Menor a lo Programado
5/11/2021	E14	698971	TRASPARENTE	SALINAS	6	3.3	1.9	5.2	0.8	Menor a lo Programado
5/11/2021	E03	698484	TRASPARENTE	SALINAS	6	3.3	3.9	7.2	-1.2	Mayor a lo Programado
5/11/2021	E02	698597	TRASPARENTE	CARLOS	6	3.2	3.2	6.4	-0.4	Mayor a lo Programado
5/11/2021	E16	698158	TRASPARENTE	IVAN	6	3.6	3.7	7.3	-1.3	Mayor a lo Programado
5/11/2021	E05	698678	TRASPARENTE	SALINAS	6	2.5	1.9	4.4	1.6	Menor a lo Programado
5/12/2021	E02	698952	BLANCO	DROZCO	6	2.2	3.8	6	0	Acorde a lo Programado
5/12/2021	E07	698574	TRASPARENTE	IVAN	6	2.2	2.5	4.7	1.3	Menor a lo Programado
5/12/2021	E05	698937	TRASPARENTE	SALINAS	6	2.1	2.3	4.4	1.6	Menor a lo Programado
5/12/2021	E14	698936	TRASPARENTE	SALINAS	6	3.4	1.5	4.9	1.1	Menor a lo Programado
5/12/2021	E03	698586	TRASPARENTE	SALINAS	6	3.4	2.3	5.7	0.3	Menor a lo Programado
5/12/2021	E16	698746	TRASPARENTE	IVAN	4	2.2	4.3	6.5	-2.5	Mayor a lo Programado
5/14/2021	E07	698518	TRASPARENTE	IVAN	6	2.2	1.9	4.1	1.9	Menor a lo Programado
5/14/2021	E14	698764	AZUL	SALINAS	6	3.3	3.5	6.8	-0.8	Mayor a lo Programado
5/14/2021	E03	698760	TRASPARENTE	SALINAS	6	4.2	2.5	6.7	-0.7	Mayor a lo Programado
5/14/2021	E02	698887	BLANCO	DROZCO	6	2.9	3.1	6	0	Acorde a lo Programado
5/14/2021	E16	698587	TRASPARENTE	IVAN	6	1.4	3	4.4	1.6	Menor a lo Programado
5/14/2021	E05	698969	TRASPARENTE	SALINAS	6	3	2.5	5.5	0.5	Menor a lo Programado
5/17/2021	E07	698576	TRASPARENTE	FERNANDEZ	6	2.8	3.2	6	0	Acorde a lo Programado
5/17/2021	E14	699009	AZUL	REYES	6	4.3	4.3	8.6	-2.6	Mayor a lo Programado
5/17/2021	E03	698539	TRASPARENTE	REYES	6	3.6	2.5	6.1	-0.1	Mayor a lo Programado
5/17/2021	E02	698943	BLANCO	KEILOR	6	3.9	3.7	7.6	-1.6	Mayor a lo Programado
5/17/2021	E16	698473	TRASPARENTE	FERNANDEZ	6	3.9	1.8	5.7	0.3	Menor a lo Programado
5/18/2021	E05	698912	BLANCO	GARMENDEZ	6	3.7	1.7	5.4	0.6	Menor a lo Programado
5/18/2021	E07	698967	TRASPARENTE	MARIO	6	2	2	4	2	Menor a lo Programado
5/18/2021	E16	698485	TRASPARENTE	JUAN	6	3.9	2.6	6.5	-0.5	Mayor a lo Programado
5/18/2021	E02	698943	BLANCO	PABLO	6	3.7	2.6	6.3	-0.3	Mayor a lo Programado

Fuente: Elaboración Propia.

El estudio se pudo mostrar que las máquinas con alineador ayudan a disminuir el desperdicio. Lo mascado con color verde indica según al estudio realizado que las máquinas con alineador ayudan a disminuir el desperdicio.

**Figura 35.**

*Indicadores Polyfim 2021*

Máquina	Suma de Diferencia	Tendencia	%	Observación
E02	-7.2	Mayor a la Programado	22.45%	
E03	-0.5	Mayor a la Programado	10,20%	
E05	2.5	Menor a la Programado	14.29%	Máquina cuenta con alineador
E07	5.1	Menor a la Programado	18.37%	Máquina cuenta con alineador
E14	-2.2	Mayor a la Programado	14.29%	
E16	-14.5	Mayor a la Programado	20.41%	
<b>Total general</b>	<b>-16.8</b>		<b>100.00%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Las máquinas mascadas en rojo indican que son las máquinas con mayor desperdicio. Estas máquinas marcadas en rojo no cuentan con ningún adicional.

**Figura 36.**

*Indicadores Polyfim 2021*

Máquina	Suma de Diferencia	Tendencia	%	Observación
E02	-7.2	Mayor a lo Programado	22.45%	
E03	-0.5	Mayor a la Programado	10,20%	
E05	2.5	Menor a lo Programado	14.29%	Máquina cuenta con alineador
E07	5.1	Menor a lo Programado	18.37%	Máquina cuenta con alineador
E14	-2.2	Mayor a la Programado	14.29%	
E16	-14.5	Mayor a lo Programado	20.41%	
<b>Total general</b>	<b>-16.8</b>		<b>100.00%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Los datos en la tabla fueron tomados de los resultados de los datos obtenidos de la base de datos donde se hizo un Excel de todas las muestras tomadas.

Se realizó un análisis de la muestra de los indicadores del área Polyflim sobre el refile, se en la cual se concluyó que las maquinas 05 y E07 que cuenta con alineador, son las que generan un menor desperdicio, quiere decir que trabajan un porcentaje menos de lo programado.

De la base de Excel de los indicadores de Polyfim se realizó una tabla comparativa del mes de abril del 2021 donde se muestra todas las máquinas de esta área de extrusión, la cantidad de desperdicio en kilogramos y el valor en dólares en ese momento.

Se realizó un estudio de ROI donde se ve reflejado si es factible la inversión y si el gasto de la inversión podría ser eficiente.

A continuación, se presenta los resultados del ROI en la de la máquina E16.

**Tabla 12.**

*Estudio de Maquina E16*

<b>Desperdicio de automático de enero a abril 2021.</b>		
<b>Máquina E16</b>		
<b>Meses</b>	<b>Material Prima</b>	<b>Medida</b>
Enero	2,246.38	kg
Febrero	2,611.19	kg
Marzo	2,227.42	kg
Abril	2,274.35	kg
Total general	9,359.34	kg
<b>Promedio</b>	<b>2,339.84</b>	<b>kg</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un estudio del promedio de los últimos cuatro meses de la estadística de suministrada por la empresa Polymer.

En la tabla se muestra una proyección de la disminución del desperdicio donde de 10 centímetros de desperdicio pasaría a 6 centímetros, generando una ganancia de 40% lo que equivale a 935.93 kg de ahorro por mes.

En la siguiente tabla se muestra las diferencias entre las medidas y el ROI de la máquina E16.

**Tabla 13.**

*Estudio del Máquina E16*

<b>Descripción Máquina E16</b>	<b>Monto</b>	<b>Medidas</b>
Promedio sin alineador	10	cm
Promedio con alineador	6	cm
% ahorro	40%	4cm
Promedio de al mes de 4 meses desperdicio	2,339.83	kg
Ahorro (Promedio *40%)	935.93	kg
Disminución Mensual (Promedio al mes - ahorro)	1,403.90	kg

Fuente: Elaboración propia

Con esta información de la tabla 13, es posible determinar el porcentaje de ahorro en cuatro meses, lo cual corresponde a un 40%, correspondiente a los alineadores y recicladores.

**Tabla 14.**

*Estudio de Máquina E02*

En la tabla 18 representa el análisis de la máquina E02

<b>Desperdicio de automático de enero a abril 2021</b>		
<b>Máquina E02</b>		
<b>Meses</b>	<b>Material Prima</b>	<b>Medida</b>
Enero	2,729.01	kg
Febrero	3,076.13	kg
Marzo	2,178.87	kg
Abril	1,915.94	kg
Total general	9,899.95	kg
<b>Promedio</b>	<b>2,474.99</b>	<b>kg</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla de la máquina E02 se muestra una proyección de la disminución del desperdicio donde de 10 centímetros de desperdicio pasaría a 6 centímetros, generando una ganancia de 40% lo que equivale a 989.99 kg de ahorro por mes.

**Tabla 15.***Estudio del Maquina E02*

<b>Descripción Máquina E02</b>	<b>Monto</b>	<b>Medidas</b>
Promedio sin alineador	10	cm
Promedio con alineador	6	cm
% ahorro	40%	4cm
Promedio de al mes de 4 meses desperdicio	2,474.98	kg
Ahorro (Promedio *40%)	989.99	kg
Disminución Mensual (Promedio al mes -ahorro)	1,484.99	kg

Fuente: Elaboración propia

Lo expresado en el estudio de la máquina E16, muestra el ahorro de 2,474.98 kg en cuarto meses lo cual correspondiente a un ahorro del 40%. Al instalar los dispositivos el material se estará alineando, con esto evitando el desperdicio.

**Tabla 16.***Estudio del Maquina E14*

<b>Desperdicio de automático de enero a abril 2021</b>		
<b>Meses</b>	<b>Material Prima</b>	<b>Medida</b>
Enero	2,883.27	kg
Febrero	2,518.74	kg
Marzo	1,221.18	kg
Abril	1,986.62	kg
Total general	8,609.81	kg
<b>Promedio</b>	<b>2,152.45</b>	<b>kg</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla E16, se muestra una proyección de la disminución del desperdicio donde de 10 centímetros de desperdicio pasaría a 6 centímetros, generando una ganancia de 40% lo que equivale a 860.98 kg de ahorro por mes.

**Tabla 17.**

*Estudio del Maquina E14*

<b>Descripción Máquina E14</b>	<b>Monto</b>	<b>Medidas</b>
Promedio sin alineador	10	cm
Promedio con alineador	6	cm
% ahorro	40%	4cm
Promedio de al mes de 4 meses desperdicio	2,152.45	kg
Ahorro (Promedio *40%)	860.98	kg
Disminución Mensual (Promedio al mes -ahorro)	1,291.47	kg

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se muestra el ahorro del estudio que tendría la maquina E14, el alineador educirá un 860.98 kg en materia de desperdicio. Con esta información queda a discreción de la empresa Polymer S.A. analizar la posibilidad de obtener las maquinarias.

**Tabla 18.**

*Estudio del Máquina E03*

<b>Desperdicio de automático de enero a abril 2021</b>		
<b>Meses</b>	<b>Material Prima</b>	<b>Medida</b>
Enero	2,115.59	kg
Febrero	1,921.09	kg
Marzo	481.00	kg
Abril	1,184.42	kg
Total, general	5,702.10	kg
<b>Promedio</b>	<b>1,425.53</b>	<b>kg</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se muestra una proyección de la disminución del desperdicio donde de 10 centímetros de desperdicio pasaría a 6 centímetros, generando una ganancia de 40% lo que equivale a 570.21 kg de ahorro por mes.

**Tabla 19.**

*Estudio del Maquina E03*

<b>Descripción Máquina E03</b>	<b>Monto</b>	<b>Medidas</b>
Promedio sin alineador	10	cm
Promedio con alineador	6	cm
% ahorro	40%	4cm
Promedio de al mes de 4 meses desperdicio	1,425.53	kg
Ahorro (Promedio *40%)	570.21	kg
disminución Mensual (Promedio al mes -ahorro)	855.32	kg

Fuente: Elaboración propia.

La empresa polymer actualmente solo cuenta con dos alineadores, tal como se muestra en los gráficos, estos muestran resultados positivos con respecto a las otras máquinas que no poseen, en conclusión, se puede decir que es efectivo el uso de este, ya que mantiene la película de plástico organizada en todo momento.

En la siguiente tabla se hizo la elaboración del ROI donde se puede observar el costo de la inversión del alineador con un valor de ¢1,500,000.00 este monto corresponde a la fórmula como la inversión menos el monto del desperdicio es el valor de la ganancia. El resultado se divide en el valor de la inversión en este caso ¢1,500,000.00. El resultado se multiplicará por 100 para saber el porcentaje de la inversión, como se puede observar, para la compra de los alineadores las máquinas que cuenta con resultados positivos son E14, E02, E16, E03 y la E07.

**Figura 37.***Indicadores Polyfim 2021*

Tabla de Retono de Inversión del alineador del mes de enero 2021 desperdicio de Automático

Costo de la Inversion Máquinas	Máquina	Material Prima	Suma de Cantidad Prim KG/\$	Valor del Desperdicio c	R.O.I
₺ 1,500,000.00	<b>E14</b>	<b>2,883.27</b>	<b>6,919.85</b>	₺ 4,269,546.22	<b>185%</b>
₺ 1,500,000.00	<b>E02</b>	<b>2,729.01</b>	<b>6,549.62</b>	₺ 4,041,118.01	<b>169%</b>
₺ 1,500,000.00	<b>E16</b>	<b>2,246.38</b>	<b>5,391.31</b>	₺ 3,326,439.50	<b>122%</b>
₺ 1,500,000.00	<b>E03</b>	<b>2,115.59</b>	<b>5,077.42</b>	₺ 3,132,765.67	<b>109%</b>
₺ 1,500,000.00	<b>E07</b>	<b>1,711.81</b>	<b>4,108.34</b>	₺ 2,534,848.25	<b>69%</b>
₺ 1,500,000.00	E12	1,159.24	2,782.18	₺ 1,716,602.59	<b>14%</b>
₺ 1,500,000.00	E05	478.95	1,149.48	₺ 709,229.16	<b>-53%</b>
₺ 1,500,000.00	E27	301.03	722.47	₺ 445,765.22	<b>-70%</b>
₺ 1,500,000.00	E01	36.00	86.40	₺ 53,308.80	<b>-96%</b>
₺ 1,500,000.00	CPM2	25.45	61.08	₺ 37,686.36	<b>-97%</b>
₺ 1,500,000.00	E09	21.50	51.60	₺ 31,837.20	<b>-98%</b>
₺ 1,500,000.00	E19	16.04	38.50	₺ 23,752.03	<b>-98%</b>
₺ 1,500,000.00	E06	8.50	20.40	₺ 12,586.80	<b>-99%</b>
₺ 1,500,000.00	E04	4.00	9.60	₺ 5,923.20	<b>-100%</b>
	Total	13,736.77	<b>32,968.25</b>	₺ <b>20,341,409.02</b>	

Fuente: Elaboración Propia. Polymer

Las máquinas con resultados con porcentaje negativos en el R.O.I significa que no es rentable por lo que no se tendrán ganancias. Las máquinas marcadas en gris tienen un porcentaje positivo, lo que significa que su inversión tendrá un retorno positivo.

**Figura 38.**

*Alineador de lámina de Plástico*



Fuente: Polyflim

La figura 38, muestra el alineador de la máquina E07, la cual cuenta con alineador, esta maquina genera menos desperdicio que las que no cuenta con ningún equipo. Aunque la lámina de plástico se mueva por alguna inestabilidad o movimiento, el alineador con el sistema laser, hace que la lamina se estabilice siempre a los márgenes establecidos.

Figura 39.

Cotización Alineador

<b>PKE</b>		<b>PHEIKUAN ELECTRONIC CO.,LTD</b>		2019.06.06
		<b>EPC LPC CPC SENSOR WEB GUIDING</b>		
<b>Quotation</b>		Document Numbering 4120		
MESSRS	Polymer S.A	Customer No.	EC1181	
ATTEN	Doris Sanchez	Currency	USD	
TEL	506 2264-5316	FAX	+506-2254-9634	
DELIVERLY	With in 7 days after receipt your payment	PRE	Air freight	
Payment Terms	T/T	Gross Weight	28.17	
VALIDITY	IN 30 days	DESTINATION	CR	

Items	Description	Quantity	Unit Price	F.O.B Amounts
LE201AG	EPC WEB GUIDING SYSTEM	1	USD 2,359.00	USD 2,359.00
C05-7MG	CONTROLLER	1		
S15-S	SENSOR	1		
E03-2	SENSOR'S HOLDER	1		
C05-7PAD	REMOTE KEYPAD	1		
E05G-2S	ACTUATOR	1		
T-0000957	SENSOR CABLE(5M)	1		
T-0000857	KEYPAD CABLE(5M)	1		
OBL-MR7-5M	CONNECTOR CABLE(5M)	1		
			Total USD 2,359.00	
			<b>Total Amount USD 2,359.00</b>	

Sales Employee antonio  
 PS.  
 The price is not included the express charge.

NO.3,Datong St, Tucheng industrial zone Tucheng Dist,New Taipei City 23679, TAIWAN  
 Tel: 886-2-2267-2507 Fax: 886-2-2267-6698 [option@pheikuan.com.tw](mailto:option@pheikuan.com.tw)

## 5.2 Segunda propuesta de mejora #2. Recicladora

Se propone la compra de una máquina recicladora, la cual elimina el desperdicio de plástico virgen.

En la tabla # se puede ver un desperdicio ya que ocasiones se daña el reciclador o en otras si entra un producto de otro color, no se pone a trabajar ya que sale más costoso limpiarlo.

El 90% del material que se trabaja en esta máquina es resina de color transparente.

### Figura 40.

*Estadística de desperdicio de enero a abril 2021*

Desperdicio de Automático  
Enero a abril 2021

Máquina	Suma de Cantidad Prim desperdicio KG	Suma de Cantidad Prim desperdicio KG
E12	2,717.45	2,717.45
E05	4,032.62	4,032.62
E07	4,213.08	4,213.08
E03	5,702.10	5,702.10
E14	8,609.81	8,609.81
E16	9,359.34	9,359.34
E02	9,899.95	9,899.95
<b>Total</b>	<b>44,534.35</b>	<b>44,534.35</b>

Fuente: Empresa Polymer

Al reducir el tiempo de paro de la máquina Strip Line, esta estará disponible para producir en un tiempo menor generando la operación más rentable. En la Tabla 13 se presenta el valor de inversión

que la empresa deberá asumir para implantar todas las propuestas planteadas en este documento y el beneficio es estas propuestas

retribuirán a la compañía.

### Figura 41.

#### Indicadores Polyfim 2021 aplicando ROI

Tabla de Retono de Inversión del reciclador del mes de enero 2021 desperdicio de Automático

Costo de la Inversión Máquinas	Máquina	Material Prima	Suma de Cantidad Prim KG/\$	Valor del Desperdicio c	R.O.I %
₺ 3,590,200.00	<b>E14</b>	<b>2,883.27</b>	<b>6,919.85</b>	₺ 4,269,546.22	<b>19%</b>
₺ 3,590,200.00	<b>E02</b>	<b>2,729.01</b>	<b>6,549.62</b>	₺ 4,041,118.01	<b>13%</b>
₺ 3,590,200.00	E16	2,246.38	5,391.31	₺ 3,326,439.50	-7%
₺ 3,590,200.00	E03	2,115.59	5,077.42	₺ 3,132,765.67	-13%
₺ 3,590,200.00	E07	1,711.81	4,108.34	₺ 2,534,848.25	-29%
₺ 3,590,200.00	E12	1,159.24	2,782.18	₺ 1,716,602.59	-52%
₺ 3,590,200.00	E05	478.95	1,149.48	₺ 709,229.16	-80%
₺ 3,590,200.00	E27	301.03	722.47	₺ 445,765.22	-88%
₺ 3,590,200.00	E01	36.00	86.40	₺ 53,308.80	-99%
₺ 3,590,200.00	CPM2	25.45	61.08	₺ 37,686.36	-99%
₺ 3,590,200.00	E09	21.50	51.60	₺ 31,837.20	-99%
₺ 3,590,200.00	E19	16.04	38.50	₺ 23,752.03	-99%
₺ 3,590,200.00	E06	8.50	20.40	₺ 12,586.80	-100%
₺ 3,590,200.00	E04	4.00	9.60	₺ 5,923.20	-100%
	Total	13,736.77	<b>32,968.25</b>	₺ 20,341,409.02	

Fuente: Elaboración Propia. Polymer

Las celdas marcadas en gris representan las máquinas que serán un retorno de inversión positivo. En donde podemos apreciar que la maquina E14 y E02 son las que generan un mayor desperdicio.

**Figura 42.**

*Reciclador de Platico*






Fuente: Empresa Polymer

Las figuras 42 muestra el reciclador de la máquina E12 la cual al contar con recicladora es uno de los equipos de extrusión que genera menos desperdicio.

Figura 43.


Cotización recicladora



## 一億機器廠股份有限公司

### YE I MACHINERY FACTORY CO., LTD.

公司: 台南市永康區民東路 6 號  
 6, MIN DUNG RD. YEONG KANG DISTRICT, TAINAN CITY, TAIWAN, R.O.C.  
 TEL: 886-6-2536066-9 FAX: 886-6-2543717 · 2541180  
 E-mail : service@yei.com.tw Http : // www.yei.com.tw



**QUOTATION**  
 \*\*\*\*\*

REF.NO: YEI/Q/20127801  
 10000-03000-00000  
 DATE: AUG 03 ,2020

Page: 1

To Messes : POLYMER S.A.  
 ( Q5647 ) ALAJUELA COYOL ESTACION DE RTV 2 KM ESTE  
 AL FINAL DE CARRETERA CARALELA PARALELA  
 PARQUE INDUSTRIAL NOVAPARK, COSTA RICA

Machine Model: YEI-MDQ160  
 Total Amount : ( FOB ) ( US\$ ) 5,800  
 Price terms: FOB KAOHSIUNG SEAPORT  
 Payment : By T/T before shipment  
 Delivery : Within 45 days after receipt of payment  
 Validity : Good for 30 days after above issued date  
 Packing : BY STANDARD WOODEN CASE , CARTON OR PALLET

Items	Description	Component no.	Q'ty	Unit Price	Amount
	2HP TRIM RECYCLE DEVICE	YEI-MDQ160	1	5,800	5,800
Horsepower: 2HP Material Size: 10-70MM, THICKNESS 0.9-3.0 MILS Inlet size: 160 x 200mm Rotary blade: 3 pcs Stationary blade: 2 pcs Blade Matreial: SKH-2 Spare for Blade: One Set Sieving dia.: *4/ *6 MM Blower horsepower: 2HP x 2P Screw conveying: 1HP Cyclone: *300MM (SUS304)					
TOTAL:					\$5,800

SAY TOTAL: U.S. DOLLARS FIVE THOUSAND AND EIGHT HUNDRED ONLY.

YE I MACHINERY FACTORY CO.,LTD.

-----  
 C. J. LIN President  
 -----  
 MADE BY *[Signature]*  
 -----

Fuente: Empresa Polymer

### 5.3 Tercera propuesta de mejora #3. Plan de mantenimiento

Se realizó una propuesta de mantenimiento para todas las maquinas del área de Polyflim con el fin de evitar que las máquinas se detengan y provoquen perdida de desperdicios.

Con el siguiente plan de mantenimiento se requiere desarrollar revisiones para mejorar el proceso de las máquinas de extrusión en la empresa Polymer S.A., se pretende aplicar este plan en un tiempo de 5 semanas, en el año 2021, y se desarrollará el resto del año para llevar un control y estudio de las mejoras del proceso. Se especifica las mejorar y se muestra el detalle de las actividades.

Propuestas de mejoras:

- Realizar un mantenimiento preventivo para las máquinas que contienen fallas más comunes, mejorando su funcionalidad en las horas de producción disminuyendo tiempos muertos en dicho proceso.
- Se elaboró tarjeta de mantenimiento rutinario ver tabla, dónde se menciona sus componentes de las máquinas, conducto, herramienta y lubricante a utilizar.



La propuesta de mejora para el modelo consiste en lo siguiente:

Se establece un programa de mantenimiento preventivo, el cual permite brindar una inspección, limpieza y lubricación básica a las máquinas. Como se puede ver en la figura 44, se puede apreciar el mantenimiento que se le debe aplicar a las máquinas de extrusión. Asimismo, el personal auxiliar es será en el momento que se realiza cambio de producción y/o para realizar alguna corrección dentro del proceso productivo y de la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo.

El gerente de mantenimiento es el responsable de la aprobación y cada los supervisores será el encargado de monitorear el seguimiento.

Una vez planteada la propuesta de mejora para el área de manteniendo, se procede a llevar dichas soluciones de mejora a la empresa para exponerlas a las personas encargadas y trabajar en la implementación.

Se planifica que el cronograma con las actividades de mantenimiento preventivo planificado sea por un periodo Trimestral.

El calendario de mantenimiento es una estrategia de que la empresa tiene como plan, para la implementación a corto plazo. Para el mes de junio 2022, se espera la compra de equipos para el área de embalaje, ya que existen problemas tales como la falta de repuestos para reemplazar las piezas gastadas, falta de localización de las herramientas para realizar las actividades de mantenimiento.

# **Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1. Conclusiones

Este proyecto servirá para futuras mejoras en la empresa Polymer, el trabajo se realizó mediante la metodología DMAIC; logrando abarcar todos los objetivos específicos.

- Se identificaron las principales causas del problema, mediante los diferentes estudios que se realizaron.

Mediante el muestreo del refile de las maquinas E02, E03, E07, E14 y E16. Se logro determinar la cantidad de desperdicio de las maquinas. Ya que era evidente el desperdicio a la hora de medir el refile.

En el diagrama de Ishikawa, Maquinaria es una de las causas con mayor relevancia, las maquinas son viejas por lo que no están diseñadas para el reciclaje del producto, debido a los avances que se han obtenido en el transcurso del tiempo se la logrado diseñar otros implementos tales como el alineador y la recicladora que están diseñados para reducir el desperdicio. Pero estos son adicionales. Otro es el método del proceso, tras meses de estudio y entrevistas, se analizó por qué los operarios no están realizando las mediciones de acuerdo con lo establecido por la orden de trabajo. Si se verifica el trabajo realizado al enviarlo a conversión se identifica que el trabajo que llega de extrusión no cumple con las especificaciones. Al conversar con los operarios y supervisores ambos coinciden en que el refile debe quedar más ancho para evitar inconvenientes a la hora de enrollar el plástico.

A tras vez de los años se ha analizado diferentes pruebas sobre el grosos del refile, sin embargo, al realizarlas se ha determinado que es mucho más el desperdicio de material por, porque no cuenta con el tiempo suficiente para hacer el cambio de burbuja lo que provoca que se desperdicie más material, así como el tiempo. Por lo que se opta en la compra de las maquinas recicladoras que elimina el desperdicio y alineadores que lo disminuye.

- Con los resultados de los estudios se expusieron dos propuestas las cuales podrán disminuir el desperdicio en las máquinas de estudios y una que lo eliminaría.  
el alineador y las revisiones de mantenimiento las cuales disminuiría el desperdicio y el reciclador quien eliminaría el 100%.
- Se cotizaron las diferentes maquinarias que se podrían implementar para la reducción del desperdicio. Se realizó un ROI, para determinar si su retorno de lo invertido tendrá resultado positivos. Se disminuiría un 40% el desperdicio.
- Los costos de inversión para implantar las propuestas planteadas en este documento son en un mes (un valor de 3,375.11 kg) se hizo el estudio en las maquinas E02, E14, E03 y E16. Total, de la inversión.
- El costo de total inversión es de \$2,191.33 y se estima que el beneficio en el primer mes es de 7,180,400.00, es decir, se recupera la inversión total en solo el primer mes de implementar los cambios propuestos. Para las máquinas E14 y E02.

## 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda la compra de máquinas alineadoras, de las cuales se realizó el estudio de las mediciones en el área de extrusión. En el estudio se reveló que las dos máquinas E05 y E07, que actualmente cuenta con alineador, generan un desperdicio menos a las otras máquinas. Con el ROI se determinó que las máquinas podrían comprarse y la inversión tendrá ganancias. Implementar el alineador ayudaría a que la película de plástico se mantenga colocada en la posición para que el corte del refile sea del tamaño programado. Según el estudio del ROI, las máquinas que se puede implementar el alineador son: E14, E16, E02, E03, y E07.
- Aplicar investigaciones para verificar el comportamiento de los alineadores y recicladores en el futuro, para mejorar el proceso.
- Se recomienda dar mantenimiento a las máquinas de extrusión, ya que muchos de los fallos son reportados cuando están malos. Un programa de mantenimiento preventivo o de inspección.
- Para mejorar el control de desperdicio se recomienda implementar la recicladora ya que elimina el 100% el desperdicio. Las máquinas E14 Y E02 son las máquinas que tendrán un retorno de la inversión Según el cálculo de ROI, retorno de la inversión, ya que estas son las que generan un mayor desperdicio.

## **CAPITULO VII: ANEXOS**

**Figura 45.**

*Planta de Polymer área Polyflim Máquina E16 - Anexo 1: Proceso de Producción del Área Polyfilm*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 46.**

*Desperdicio Polyflim en la Maquina E16 - Anexo 2: Proceso de Producción del Área Polyfilm desperdicio.*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 47.**

*Polyflim Maquina E12 Recicladora - Anexo 3: Proceso de Producción del Área Polyfilm recicladora.*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 48.**

*Polyflim Maquina E12 Recicladora - Anexo 4: Proceso de Producción del Área Polyfilm Recicladora.*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 49.**

*Lamina de plástico. Planta de Polymer área Polyflim Maquina E16 - Anexo 5: Proceso de Producción del Área Polyfilm.*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 50.**

*Desperdicio en Área Pólyflim - Anexo 6: Proceso de Producción del Área Polyfilm desperdicio.*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 51.**

*Resina Empresa Polymer - Anexo 7: Proceso de Producción del Área Polyfilm resina.*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 52.**

*Extrusora de Polyflim - Anexo 8: Proceso de Producción del Área Polyfilm Cambio de tintas.*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 53.**

*Burbuja de Polyfli - Anexo 9: Proceso de Producción del Área Polyfilm burbuja.*



Fuente: Empresa Polymer

**Figura 54.**

*Planta Polymer. Rollos de extrusión. - Anexo 10: Proceso de Producción del Área Polyfilm.*



Fuente: Empresa Polymer

Figura 55.


Cotización de recicladora - Anexo 11 Cotización de recicladora



## 一億機器廠股份有限公司

### YE I MACHINERY FACTORY CO., LTD.

公司: 台南市永康區民東路 6 號  
6, MIN DUNG RD. YEONG KANG DISTRICT, TAINAN CITY, TAIWAN, R.O.C.  
TEL: 886-6-2536066-9 FAX: 886-6-2543717 · 2541180  
E-mail: service@yei.com.tw Http: // www.yei.com.tw



Q U O T A T I O N  
\*\*\*\*\*

REF.NO: YEI/Q/20127801  
10000-03000-00000  
DATE: AUG 03 , 2020

To Messes : POLYMER S.A.  
( Q5647 ) ALAJUELA COYOL ESTACION DE RTV 2 KM ESTE  
AL FINAL DE CARRETERA CARALELA PARALELA  
PARQUE INDUSTRIAL NOVAPARK, COSTA RICA

Machine Model: YEI-MDQ160  
Total Amount : ( FOB ) ( US\$ ) 5,800  
Price terms: FOB KAOHSIUNG SEAPORT  
Payment : By T/T before shipment  
Delivery : Within 45 days after receipt of payment  
Validity : Good for 30 days after above issued date  
Packing : BY STANDARD WOODEN CASE , CARTON OR PALLET

Page: 1

Items	Description	Component no.	Q'ty	Unit Price	Amount
	2HP TRIM RECYCLE DEVICE Horsepower: 2HP Material Size: 10-70MM, THICKNESS 0.9-3.0 MILS Inlet size: 160 x 200mm Rotary blade: 3 pcs Stationary blade: 2 pcs Blade Matreial: SKH-2 Spare for Blade: One Set Sieving dia.: #4/ #6 MM Blower horsepower: 2HP x 2P Screw conveying: 1HP Cyclone: #300MM (SUS304)	YEI-MDQ160	1	5,800	5,800
TOTAL:					\$5,800

SAY TOTAL: U.S. DOLLARS FIVE THOUSAND AND EIGHT HUNDRED ONLY.

YE I MACHINERY FACTORY CO., LTD.  
-----  
C. J. LIN President  
MADE BY 

Fuente: Empresa Polymer

Figura 56.

Cotización de Alineador - Anexo 12: Cotización de alineador.

<b>PKE</b>		<b>PHEIKUAN ELECTRONIC CO.,LTD</b>		2019.06.06
		<b>EPC LPC CPC SENSOR WEB GUIDING</b>		
<b>Quotation</b>		Document Numbering 4120		
MESSRS	Polymer S.A	Customer No.	EC1181	
ATTEN	Doris Sanchez	Currency	USD	
TEL	506 2264-5316	FAX	+506-2254-9634	
DELIVERLY	With in 7 days after receipt your payment	PRE	Air freight	
Payment Terms	T/T	Gross Weight	28.17	
VALIDITY	IN 30 days	DESTINATION	CR	

Items	Description	Quantity	Unit Price	F.O.B Amounts
LE201AG	EPC WEB GUIDING SYSTEM	1	USD 2,359.00	USD 2,359.00
C05-7MG	CONTROLLER	1		
S15-S	SENSOR	1		
E03-2	SENSOR'S HOLDER	1		
C05-7PAD	REMOTE KEYPAD	1		
E05G-2S	ACTUATOR	1		
T-0000957	SENSOR CABLE(5M)	1		
T-0000857	KEYPAD CABLE(5M)	1		
CBL-MR7-5M	CONNECTOR CABLE(5M)	1		
			Total USD 2,359.00	
			<b>Total Amount USD 2,359.00</b>	

Sales Employee mauro

PS.

The price is not included the express charge.

NO.3,Datong St, Tucheng industrial zone Tucheng Dist,New Taipei City 23679, TAIWAN

Tel: 886-2-2267-2507 Fax: 886-2-2267-6698 [option@pheikuan.com.tw](mailto:option@pheikuan.com.tw)

Fuente: Empresa Polymer

**Figura 57.**

*Estadística Polyflim toma Muestra de mayo 2021 - Anexo 13: Muestreo de estadística de refiles de Polyflim*

Fecha	Maquina	Orden	Color	Operador	Refil Programado	1	2	Refil Real	Diferencia	Tendencia
7/5/2021	E07	698575	TRASPARENTE	MARIO	6	1,7	1,9	3,6	2,4	Menor a lo Programado
7/5/2021	E05	698655	TRASPARENTE	AGUSTIN	6	2,3	4	6,3	-0,3	Mayor a lo Programado
7/5/2021	E14	698251	TRASPARENTE	AGUSTIN	6	2,2	2	4,2	1,8	Menor a lo Programado
7/5/2021	E03	698484	TRASPARENTE	AGUSTIN	6	2	2,8	4,8	1,2	Menor a lo Programado
7/5/2021	E02	698589	TRASPARENTE	PABLO	6	2,7	4	6,7	-0,7	Mayor a lo Programado
10/5/2021	E07	698575	TRASPARENTE	IVAN	6	4,3	3	7,3	-1,3	Mayor a lo Programado

10/5/2 021	E05	6986 77	TRASPARE NTE	MARVIN	6	1, 6	3, 1	4,7	1,3	Menor a lo Program ado
10/5/2 021	E14	6986 29	TRASPARE NTE	MARVIN	6	2, 9	3, 2	6,1	-0,1	Mayor a lo Program ado
10/5/2 021	E02	6985 41	TRASPARE NTE	OROZCO	6	4, 3	4, 8	9,1	-3,1	Mayor a lo Program ado
10/5/2 021	E16	6981 56	TRASPARE NTE	IVAN	4	3, 8	3, 8	7,6	-3,6	Mayor a lo Program ado
11/5/2 021	E07	6985 74	TRASPARE NTE	JUAN	6	3, 2	2, 4	5,6	0,4	Menor a lo Program ado
11/5/2 021	E14	6989 71	TRASPARE NTE	SALINAS	6	3, 3	1, 9	5,2	0,8	Menor a lo Program ado
11/5/2 021	E03	6984 84	TRASPARE NTE	SALINAS	6	3, 3	3, 9	7,2	-1,2	Mayor a lo Program ado
11/5/2 021	E02	6985 97	TRASPARE NTE	CARLOS	6	3, 2	3, 2	6,4	-0,4	Mayor a lo Program ado

11/5/2 021	E16	6981 58	TRASPARE NTE	IVAN	6	3, 6	3, 7	7,3	-1,3	Mayor a lo Program ado
11/5/2 021	E05	6986 78	TRASPARE NTE	SALINAS	6	2, 5	1, 9	4,4	1,6	Menor a lo Program ado
12/5/2 021	E02	6989 52	BLANCO	OROZCO	6	2, 2	3, 8	6	0	Acorde a lo Program ado
12/5/2 021	E07	6985 74	TRASPARE NTE	IVAN	6	2, 2	2, 5	4,7	1,3	Menor a lo Program ado
12/5/2 021	E05	6989 37	TRASPARE NTE	SALINAS	6	2, 1	2, 3	4,4	1,6	Menor a lo Program ado
12/5/2 021	E14	6989 36	TRASPARE NTE	SALINAS	6	3, 4	1, 5	4,9	1,1	Menor a lo Program ado
12/5/2 021	E03	6985 86	TRASPARE NTE	SALINAS	6	3, 4	2, 3	5,7	0,3	Menor a lo Program ado
12/5/2 021	E16	6987 46	TRASPARE NTE	IVAN	4	2, 2	4, 3	6,5	-2,5	Mayor a lo Program ado

14/5/2 021	E07	6985 18	TRASPARE NTE	IVAN	6	2, 2	1, 9	4,1	1,9	Menor a lo Program ado
14/5/2 021	E14	6987 64	AZUL	SALINAS	6	3, 3	3, 5	6,8	-0,8	Mayor a lo Program ado
14/5/2 021	E03	6987 60	TRASPARE NTE	SALINAS	6	4, 2	2, 5	6,7	-0,7	Mayor a lo Program ado
14/5/2 021	E02	6988 87	BLANCO	OROZCO	6	2, 9	3, 1	6	0	Acorde a lo Program ado
14/5/2 021	E16	6985 87	TRASPARE NTE	IVAN	6	1, 4	3	4,4	1,6	Menor a lo Program ado
14/5/2 021	E05	6989 69	TRASPARE NTE	SALINAS	6	3	2, 5	5,5	0,5	Menor a lo Program ado
17/5/2 021	E07	6985 76	TRASPARE NTE	FERNAN DEZ	6	2, 8	3, 2	6	0	Acorde a lo Program ado
17/5/2 021	E14	6990 09	AZUL	REYES	6	4, 3	4, 3	8,6	-2,6	Mayor a lo Program ado

17/5/2 021	E03	6985 39	TRASPARE NTE	REYES	6	3, 6	2, 5	6,1	-0,1	Mayor a lo Program ado
17/5/2 021	E02	6989 43	BLANCO	KEILOR	6	3, 9	3, 7	7,6	-1,6	Mayor a lo Program ado
17/5/2 021	E16	6984 73	TRASPARE NTE	FERNAN DEZ	6	3, 9	1, 8	5,7	0,3	Menor a lo Program ado
18/5/2 021	E05	6989 12	BLANCO	GARMEN DEZ	6	3, 7	1, 7	5,4	0,6	Menor a lo Program ado
18/5/2 021	E07	6989 67	TRASPARE NTE	MARIO	6	2	2	4	2	Menor a lo Program ado
18/5/2 021	E16	6984 85	TRASPARE NTE	JUAN	6	3, 9	2, 6	6,5	-0,5	Mayor a lo Program ado
18/5/2 021	E02	6989 43	BLANCO	PABLO	6	3, 7	2, 6	6,3	-0,3	Mayor a lo Program ado
19/5/2 021	E07	6991 28	TRASPARE NTE	MARVIN	6	4, 7	2, 8	7,5	-1,5	Mayor a lo Program ado

19/5/2 021	E14	6980 81	VERDE	REYES	6	3	5, 4	8,4	-2,4	Mayor a lo Program ado
19/5/2 021	E05	6989 12	BLANCO	REYES	6	3, 4	5, 4	8,8	-2,8	Mayor a lo Program ado
19/5/2 021	E02	6989 43	BLANCO	KEILOR	6	4	2, 6	6,6	-0,6	Mayor a lo Program ado
19/5/2 021	E16	6984 12	TRASPARE NTE	JUAN	6	3	4	7	-1	Mayor a lo Program ado
20/5/2 021	E02	6989 43	BLANCO	KEILOR	6	4	2	6	0	Acorde a lo Program ado
20/5/2 021	E16	6984 85	TRASPARE NTE	MARVIN	6	2, 5	3, 5	6	0	Acorde a lo Program ado
8/6/20 21	E02	6995 22	TRASPARE NTE	PABLO	6	3, 1	3, 6	6,7	-0,7	Mayor a lo Program ado
8/6/20 21	E16	6991 01	TRASPARE NTE	OSVALD O	4	4, 3	4, 4	8,7	-4,7	Mayor a lo Program ado

8/6/20 21	E07	6996 05	TRASPARE NTE	MARIO	6	3, 3	2, 8	6,1	-0,1	Mayor a lo Program ado
8/6/20 21	E16	6991 02	TRASPARE NTE	OSVALD O	4	3, 5	3, 6	7,1	-3,1	Mayor a lo Program ado
9/6/20 21	E02	6995 30	BLANCO	PABLO	6	2, 6	3, 2	5,8	0,2	Menor a lo Program ado
10/6/2 021	E14	6995 68	TRASPARE NTE	MARIO	6	2, 7	1, 9	4,6	1,4	Menor a lo Program ado
10/6/2 021	E02	6996 17	TRASPARE NTE	KEILOR	6	2, 9	3, 5	6,4	-0,4	Mayor a lo Program ado
10/6/2 021	E16	6991 02	TRASPARE NTE	OSVALD O	4	2, 9	3, 7	6,6	-2,6	Mayor a lo Program ado
14/6/2 021	E07	6997 85	TRASPARE NTE	IVAN	6	2	3, 4	5,4	0,6	Menor a lo Program ado
14/6/2 021	E14	6997 86	TRASPARE NTE	IVAN	6	3, 5	3	6,5	-0,5	Mayor a lo Program ado

14/6/2 021	E16	6991 03	TRASPARE NTE	AVELLA N	4	3, 4	3, 4	6,8	-2,8	Mayor a lo Program ado
15/6/2 021	E07	6997 85	TRASPARE NTE	IVAN	6	2, 5	2, 7	5,2	0,8	Menor a lo Program ado
15/6/2 021	E14	6997 86	TRASPARE NTE	IVAN	6	1, 6	2, 8	4,4	1,6	Menor a lo Program ado
15/6/2 021	E16	6991 83	TRASPARE NTE	AVELLA N	4	4, 3	4, 4	8,7	-4,7	Mayor a lo Program ado
16/6/2 021	E07	6998 83	TRASPARE NTE	MARIO	6	2, 8	1, 8	4,6	1,4	Menor a lo Program ado
16/6/2 021	E05	6998 51	TRASPARE NTE	MARIO	6	3, 1	1, 6	4,7	1,3	Menor a lo Program ado
16/6/2 021	E16	6991 03	TRASPARE NTE	OSVALD O	4	3, 8	3, 1	6,9	-2,9	Mayor a lo Program ado

Fuente: Elaboración propia

## **Bibliografía**

Betancourt, D. F. (2016). El curso grama: herramienta del ingeniero industrial.

Recuperado de: [www.ingenioempresa.com/cursograma](http://www.ingenioempresa.com/cursograma).

Barnes, Ralph M, Estudio de tiempos y movimientos, Edición 10, Madrid  
Editorial Española, 1972.

Deming, W. E. “Calidad, Productividad y Competitividad”, Ed. Días de Santos, España, 1989

Deming, W. E. (1989), Calidad, productividad y competitividad, Madrid.

Gutiérrez, Pulido Humberto. (2005). Calidad Total y Productividad.

Gutiérrez, Pulido Humberto. (2009). Control estadístico de Calidad y Seis Sigma.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. McGraw Hill.

Polymer S.A. (03 de octubre de 2021). <http://www.polymersa.com/> Obtenido de <http://www.polymersa.com/>