



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIETILENO DE ALTA Y  
BAJA DENSIDAD EN LAS ETAPAS DE DEGRADACIÓN Y REUTILIZACIÓN  
Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA DKPLAST S.A.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor**

Ango Venegas Anthony René

**Tutor**

MSc. Álvarez Sánchez Ana

QUITO – ECUADOR  
2022

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, Anthony René Ango Venegas, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD EN LAS ETAPAS DE DEGRADACIÓN Y REUTILIZACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA DKPLAST S.A.”, como requisito para optar al grado de Ingeniería Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 18 días del mes de febrero de 2022, firmo conforme:

Autor: Anthony René Ango Venegas

Firma:



Número de Cédula: 1500950884

Dirección: Pichincha, Quito, Chaupicruz, Base Aérea.

Correo Electrónico: [totonis87@hotmail.com](mailto:totonis87@hotmail.com), [renevenegas742@gmail.com](mailto:renevenegas742@gmail.com)

Teléfono: 2290681

## **APROBACIÓN DE LA TUTORA**

En mi calidad de Tutora del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD EN LAS ETAPAS DE DEGRADACIÓN Y REUTILIZACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA DKPLAST S.A” presentado por Ango Venegas Anthony René, para optar por el Título de Ingeniero Industrial,

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 18 de febrero del 2022

.....

MSc. Ana Álvarez Sánchez  
175630167-5

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de “ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD EN LAS ETAPAS DE DEGRADACIÓN Y REUTILIZACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA DKPLAST S.A.”, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 18 de febrero de 2022

A handwritten signature in blue ink, reading "Anthony René Ango Venegas", is written over a horizontal line. Below the line is a dotted line.

Anthony René Ango Venegas  
1500950884

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD EN LAS ETAPAS DE DEGRADACIÓN Y REUTILIZACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA DKPLAST S.A.”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 30 de marzo de 2022

.....

MSc. Alexis Suárez del Villar Labastida  
Lector 1

.....

MSc. Hernán Fabricio Espejo Viñan  
Lector 2

## **DEDICATORIA**

A mis padres que han sido pilar fundamental, apoyo y guía para cumplir con mis metas.

Todos los familiares y amigos que estuvieron pendientes en mi formación como profesional y siempre me apoyaron.

Anthony Ango Venegas

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme sabiduría, conocimiento y fuerza para superar los obstáculos y cumplir con mis objetivos.

A la Universidad Tecnológica Indoamérica y a sus docentes que son gestores de mi formación profesional.

A la empresa DKPLAST S.A. por permitirme realizar este proyecto en sus instalaciones.

Anthony Ango Venegas

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b>	
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	iii
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....	iv
<b>APROBACIÓN TRIBUNAL</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>INDICE DE CONTENIDOS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>TEMA</b> .....	xiii
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Contexto Macro .....	1
Contexto Meso .....	3
Contexto Micro .....	5
Árbol de problemas .....	7
Análisis Crítico .....	8
Justificación .....	12
Objetivo General: .....	13
Objetivos Específicos: .....	13
<b>CAPÍTULO II</b> .....	14
<b>METODOLOGÍA</b> .....	14
Área de Estudio .....	14
Enfoque científico .....	14
Técnica metodológica .....	15
Exploratoria .....	15

Descriptivo .....	15
Asociación de variables.....	15
Explicativo .....	16
Modalidad básica de la investigación.....	16
De Campo.....	16
Bibliográfica Documental .....	16
Diseño del trabajo: .....	17
Operacionalización de las variables .....	17
Población y Muestra Población.....	18
Muestra.....	19
Hipótesis.....	20
Señalamiento de variables .....	20
Variable Independiente .....	20
Variable Dependiente.....	20
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>21</b>
<b>DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>21</b>
Levantamiento del proceso.....	21
Recolección de la información.....	25
Matriz caracterización del proceso.....	32
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>35</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>35</b>
Producción de rollos de polietileno de alta y baja densidad.....	38
Impacto Ambiental.....	45
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>48</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>49</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros del polietileno de alta densidad. ....	1
Tabla 2 Rango de densidades de la familia del polietileno .....	4
Tabla 3 Características de materiales plásticos que importa Ecuador.....	5
Tabla 4 Desperdicios de polietileno para reproceso del mes de mayo 2021 .....	6
Tabla 5 Variable Independiente: Proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad .....	17
Tabla 6 Variable dependiente: Producción.....	18
Tabla 7 Población Julio a Diciembre del 2021 .....	19
Tabla 8 Producción de rollos de polietileno de alta y baja densidad.....	25
Tabla 9 Desperdicios generados durante los procesos de extrusión del polietileno mes de octubre 2021. ....	26
Tabla 10 Desperdicios generados durante los procesos de extrusión del polietileno mes de noviembre 2021. ....	27
Tabla 11 Desperdicios generados durante los procesos de extrusión del polietileno mes de diciembre 2021 .....	28
Tabla 12 Capacidad instalada de la planta.....	29
Tabla 13 Capacidad real por turno .....	29
Tabla 14 Consumo diario de materia prima mes octubre 2021.....	30
Tabla 15 Consumo diario de materia prima mes noviembre 2021.....	30
Tabla 16 Consumo diario de materia prima mes diciembre 2021.....	31
Tabla 17 Caracterización del Proceso de Extrusión .....	32
Tabla 18 Eficiencia de la planta .....	40
Tabla 19 43Cantidad de rollos extruidos vs cantidad de desperdicios generados. 43	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje por país de los productores de plástico en el año 2019 .....	3
Figura 2. Árbol de problemas .....	7
Figura 3. Lugar donde se ubica la materia prima en la planta.....	22
Figura 4. Mezclado de material en recipientes de 50 Kg .....	23
Figura 5. Salida del material por el cabezal en forma de burbuja .....	24
Figura 6. Extrusión de soplado de burbuja .....	25
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso .....	35
Figura 8. Diagrama de flujo del reproceso .....	36
Figura 9. Diagrama de flujo de la Degradación del polietileno .....	37
Figura 10. Producción de rollos de polietileno de alta y baja densidad .....	38
Figura 11. Desperdicio en el reproceso para alta densidad .....	39
Figura 12. Desperdicio en el reproceso para baja densidad .....	40
Figura 13. Capacidad instalada de la planta versus capacidad de turno.....	41
Figura 15. Producción versus Desperdicio .....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Rollos extruidos .....	51
Anexo 2 Polietileno de alta densidad .....	51
Anexo 3 Distribución de las máquinas .....	52
Anexo 4 Registro de consumo diario de materia prima .....	52
Anexo 5 Polietileno reprocesado .....	53
Anexo 6 Bobinado de los rollos .....	53
Anexo 7 Registro de desperdicios por día .....	54
Anexo 8 Registro de consumo de materia prima.....	55
Anexo 9 Carta de conformidad por parte de la empresa .....	56

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y**  
**COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD EN LAS ETAPAS DE DEGRADACIÓN Y REUTILIZACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA DKPLAST S.A**

**AUTOR:** Anthony René Ango Venegas

**TUTOR:** MSc. Ana Álvarez Sánchez

**RESUMEN EJECUTIVO**

DKPLAST S.A. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos cuya materia prima es el polietileno; como toda empresa que entra en un mercado competitivo necesita productos de alta calidad que garanticen la satisfacción del cliente, esta satisfacción está íntimamente ligada a procesos internos desconocidos por el consumidor, que va desde la adquisición de la materia prima, la transformación de la misma hasta la distribución y venta del producto terminado. El presente proyecto se basó en la recopilación de información y análisis técnico del proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad en sus etapas de degradación y reutilización del material. Se identificó la situación problemática de la ineficiencia en el proceso de extrusión, basado en la hipótesis planteada y verificada mediante un proceso estadístico analítico, que dio como resultado el rechazo de la hipótesis nula debido a que el valor-p dio igual a cero, determinando que el proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad, si incide en los niveles de producción de la empresa. Mediante la observación directa se verificó en los registros de control que el valor más bajo de producción fue de 128 rollos y el más alto de 512 rollos, en cuya producción generaron 15030 kg de desperdicio en un período trimestral, lo que indica que en ese tiempo la empresa tuvo una eficiencia promedio de producción del 45,833% por turno; la relación de producción es de 258,74 kg de materia prima para un rollo de plástico; estos datos permiten concluir que no hay eficiencia en el proceso de extrusión; lo que implica que la empresa deberá plantearse un proceso de mejora continua que incluyan capacitación a los empleados, una constante y estricta supervisión de los procesos.

**DESCRIPTORES:** Análisis, extrusión, proceso, reproceso.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y**  
**COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**THEME: ANALYSIS OF THE HIGH- AND LOW-DENSITY POLYETHYLENE  
EXTRUSION PROCESS IN THE DEGRADATION AND REUSE STAGES AND  
ITS IMPACT ON PRODUCTION AT DKPLAST S.A.**

**AUTHOR:** Anthony René Ango Venegas

**TUTOR:** MSc. Ana Álvarez Sánchez

**ABSTRACT**

DKPLAST S.A. is a company dedicated to the production and marketing of products whose raw material is polyethylene; As every company that enters a competitive market needs high-quality products that guarantee customer satisfaction, this satisfaction is closely linked to internal processes unknown to the consumer, ranging from the acquisition of raw material, its transformation to distribution and sale of the finished product. This project was based on the collection of information and technical analysis of the extrusion process of high- and low-density polyethylene in its stages of degradation and reuse of the material. The problematic situation of inefficiency in the extrusion process was identified, based on the hypothesis raised and verified through an analytical statistical process, which resulted in the rejection of the null hypothesis because the p-value equaled zero, determining that the high- and low-density polyethylene extrusion process affects the company's production levels. Through direct observation, it was verified in the control records that the lowest production value was 128 rolls and the highest 512 rolls, in whose production they generated 15030 kg of waste in a quarterly period, which indicates that in that time the company had an average production efficiency of 45,833% per shift; the production ratio is 258.74 kg of raw material for a roll of plastic; These data allow us to conclude that there is no efficiency in the extrusion process; which implies that the company must consider a process of continuous improvement that includes employee training, constant and strict supervision of the processes.

**KEY WORDS:** Analysis, extrusion, process, reprocessing.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Contexto Macro

Los métodos industriales más usados para el procesamiento y reprocesamiento de polímeros son la extrusión y la inyección. El reprocesamiento consiste en la reincorporación de material ya procesado al ciclo normal de inyección o extrusión que reduce así la cantidad de residuos generados. Durante el proceso de inyección y extrusión es posible que el material sufra cambios químicos y físicos por efectos de la temperatura, el estrés mecánico y la oxidación (Juan Cárdenas-Giraldo, 2019). Algunos autores establecen el límite de reprocesamientos para un polímero virgen en dos o tres, debido a variaciones en sus propiedades mecánicas.

El polietileno de alta densidad (HDPE) es uno de los polímeros más consumidos a nivel mundial, esto se debe a su uso principal como materia prima en diferentes productos plásticos y al bajo costo comparado con sus buenas propiedades mecánicas y químicas. A pesar de esto, existen pocos estudios relacionados con la variación de la estructura química del HDPE después de ser reprocesado en varios ciclos (Juan Cárdenas-Giraldo, 2019), la Tabla 1 demuestra las condiciones para la experimentación en la extrusión para el procesamiento del HDPE, grado inyección y grado extrusión.

**Tabla 1.**

*Parámetros del polietileno de alta densidad.*

<b>Parámetro</b>	<b>HDPE-grado inyección</b>	<b>HDPE-grado extrusión</b>
Temperatura cilindro 1, °C	180	180
Temperatura cilindro 2, °C	190	190
Temperatura cilindro 3, °C	200	200
Temperatura cilindro 4, °C	210	210
Temperatura brida, °C	220	220
Temperatura homogenización 1, °C	220	220
Temperatura homogenización 2, °C	220	220
Temperatura alimentación, °C	28	28 y 80
Velocidad del tornillo, rpm	30	30

<b>Parámetro</b>	<b>HDPE-grado inyección</b>	<b>HDPE-grado extrusión</b>
Restricción	10	10

**Fuente:** *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(35) • Julio-diciembre de 2019 • pp. 111-124 • ISSN (en línea): 2248-4094

Los parámetros de la Tabla 1 muestran las condiciones en las cuales se llevó a cabo el experimento para el reprocesamiento de material virgen de HDPE en el grado inyección y grado extrusión.

El consumo de plásticos en el mundo se estima que en la actualidad es al menos 170 millones de toneladas, de los cuales casi el 78% corresponde a termoplásticos y el restante 22% a termofijos. Se considera que el 36% en peso se procesa mediante extrusión, 32% moldeo por inyección, 10% moldeo por soplado, 6% calandrado, 5% revestimiento, 3% moldeo por compresión y 8% otros. La extrusión de plásticos es un proceso industrial de moldeo mediante el cual es posible obtener productos acabados o semiacabados, de sección transversal uniforme en un régimen continuo, además ofrece las ventajas de técnicas de procesamiento completas y versátiles, incomparable en importancia económica con cualquier otro proceso (Leiva Chacón, 2020).

Actualmente el consumo de plásticos se ha incrementado drásticamente en las últimas décadas, esta tendencia resulta en la generación de un inmenso flujo de residuos que necesita ser manejada apropiadamente. Según datos de la asociación Plastics Europe, en 2019 la producción de plásticos en el mundo alcanzó los 368 millones de toneladas (Roa, 2021), nueve toneladas más que en el año anterior. En Asia se produjeron algo más de la mitad de los plásticos del mundo (un 51%). China, que en 2019 fue el país que más residuos plásticos de un solo uso generó, fue responsable del 31% de la producción mundial de plásticos, fabricando 82 kg per cápita, mientras que Japón, con solo el 3% de la producción mundial, logró producir 88 kg. En los países del TLCAN (actual T-MEC), es decir, Canadá, Estados Unidos y México, solo se produjo el 19% del plástico mundial en total. Sin embargo, esto equivale a 141 kg per cápita, la cifra más alta por persona, como se presenta en la Figura 1.



**Figura 1.** Porcentaje por país de los productores de plástico en el año 2019

**Fuente:** investigación

**Elaborado por:** Statista

La Figura 1 representa la distribución de la producción mundial de plásticos en el año 2019 en porcentaje. Tomado de Statista La producción de plástico en el mundo, por Plastic Europe.

Más del 78% en peso de este total corresponde a termoplásticos (principalmente polietileno de baja y alta densidad LDPE y HDPE, polipropileno PP, cloruro de polivinilo PVC y polietileno tereftalato PET), y el restante 22% en peso se asocia con los termofijos (especialmente resinas epóxicas y poliuretano PU).

### Contexto Meso

En los últimos años, la industria del plástico ecuatoriana ha crecido de manera sostenida debido a la alta demanda a nivel nacional e internacional, por lo que existe una necesidad creciente de evaluar y mejorar continuamente los procesos de producción de los diferentes productos a utilizar a base de polietileno. La versatilidad del polietileno permite la fabricación de una amplia variedad de productos, siendo los envases plásticos de polietileno de baja densidad (LDPE) los más buscados, especialmente en el sector alimentario, por estar fabricado con un material resistente y permite una larga vida útil. periodos, ahorra costes de transporte porque es ligero y porque es posible innovar en alternativas biodegradables y reciclables (Líderes, 2018).

El polietileno es uno de los plásticos estándar más vendidos. A pesar de todos los debates medioambientales, su consumo sigue aumentando. Se presenta en diferentes calidades en función de su densidad y la ramificación de sus cadenas poliméricas: LDPE, LLDPE y HDPE. Este estudio es el tercer análisis integral de Ceresana del mercado global de polietileno de baja densidad (LDPE). Este tipo de polietileno más antiguo, fabricado desde 1939, es blando, duro y flexible. Por lo tanto, el LDPE se utiliza para diversos productos de consumo, como tapas, tornillos y bolsas. En la Tabla 2 se muestra el rango de densidades del polietileno.

**Tabla 2 .**

*Rango de densidades de la familia del polietileno*

<b>Polietileno de Baja Densidad (LDPE)</b>	0.915 a 0.925 $g/cm^3$
<b>Polietileno de Media Densidad (MDPE o LMDPE)</b>	0.926 a 0.940 $g/cm^3$
<b>Polietileno de Alta Densidad (HDPE)</b>	0.941 a 0.965 $g/cm^3$

**Fuente:** Alarcón Rubén “Estudio de la relación entre la estructura, PIAT, grado de cura y resistencia al impacto en productos monocapa de polietileno rotomoldeado”.

**Elaborado por:** Rubén Alarcón

Según Aseplas (Asociación Ecuatoriana de Plásticos), esta industria representa el 1,2% del PIB nacional, es decir cerca de USD 1 200 millones. Actualmente genera más de 19 000 empleos directos y 120 000 indirectos, según Alfredo Hoyos, presidente del gremio. Además, produce unas 500 000 toneladas anuales.

En la actualidad, la industria plástica provee a sectores como el automotriz, el comercio, el sector agrícola y bananero, alimentos, pañales, entre otros. También se exporta a Colombia, Perú, Bolivia, Centro América y EE.UU., en los productos que acompañan racimos de banano, film de leche, film de detergente, fundas tipo camiseta y empaques de alimentos. Hoyos detalla que en 2014 la industria del plástico trajo 381 815 toneladas. Esta cifra bajó en el 2017, cuando se importaron 373 776 toneladas, lo que representó una disminución de un 2,12% (Líderes, 2018). La mayor cantidad de plástico que ingresa importada se utiliza para alimentos, higiene y cuidado personal. La Tabla 3 representa las características, densidad, índice de refracción y resistencia al frío calor del

polietileno, PVC, PVC ondulado, polimetacrilato de metilo, poliéster estratificado y crista.

**Tabla 3.**

*Características de materiales plásticos que importa Ecuador*

	<b>Polietileno</b>	<b>PVC</b>	<b>PVC ondulado</b>	<b>Polimetacrilato de metilo</b>	<b>Poliéster estratificado</b>	<b>Crista</b>
<b>Características</b>	(0,08 mm)	(0,1 mm)	(1-2 mm)	(4 mm)	(1-2 mm)	(2,7 mm)
<b>Densidad</b>	0,92	1,3	1,4	1,18	1,5	2,4
<b>Índice de refracción</b>	1,512	1,538		1,489	1,549	1,516
<b>Resistencia al frío calor</b>	-40+50° C	- 10+50° C	-20+70° C	-70+80° C	-70+100° C	muy elev.

**Fuente:** Serrano “Características comparadas de los principales materiales plásticos utilizados en cubierta de invernadero”

**Elaborado por:** Serrano

## Contexto Micro

DKPLAST S.A. es una empresa en Ecuador, con inicios en Guayaquil que opera en la fabricación de bolsas y fundas de plástico, así como también en la venta al por mayor de materiales plásticos en formas primarias. DKPLAST S.A. cuenta con tecnología acorde a su actividad productiva. Su principal actividad es la transformación del polietileno de alta y baja densidad a bolsas plásticas introducidas al mercado nacional y con inicios a la expansión en el mercado internacional, formando convenios con organizaciones en norte américa. La empresa fue fundada en 25 de marzo de 2015. Inició sus actividades comerciales el 23 de abril del 2015 como sociedad anónima. La planta se encuentra en la ciudad de Quito y emplea más de 34 personas (EMIS, 2019). La empresa usa registros manuales diarios del producto defectuoso o más conocido como desperdicio, que es el material listo para ser reprocesado y obtener PETS de polietileno para iniciar con su transformación una vez más, en la tabla 3 se muestra la cantidad de desperdicios del mes de mayo del 2021, la Tabla 4 indica en su parte superior los días laborales en los cuales

se realizó el registro del mes, las siglas A/D y B/D significan; Alta Densidad y Baja Densidad respectivamente y al final se encuentra el total de material en kg.

**Tabla 4.**

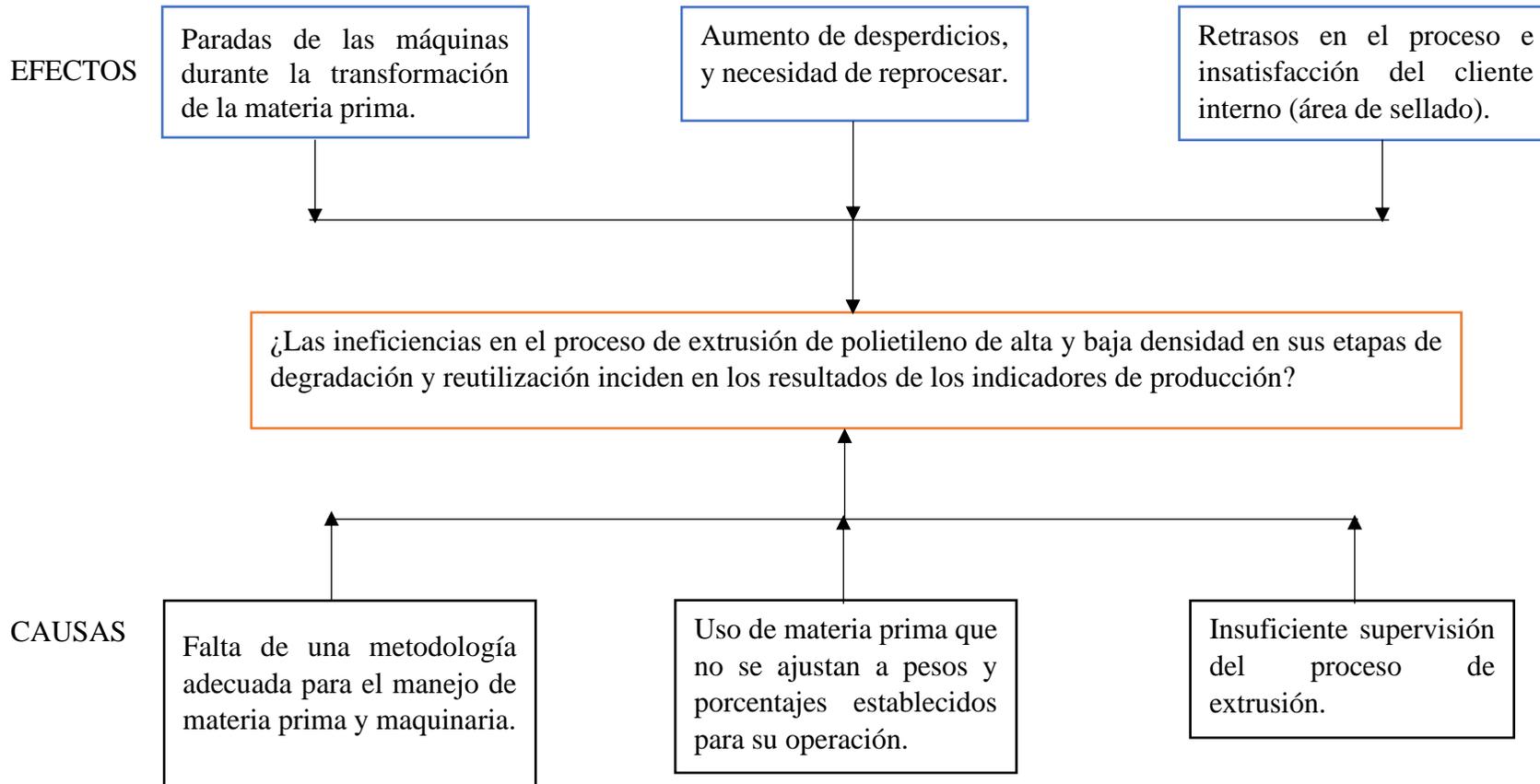
*Desperdicios de polietileno para reproceso del mes de mayo 2021*

<b>DÍA</b>	<b>A/D (en Kg)</b>	<b>B/D (en Kg)</b>	<b>TOTAL (en Kg)</b>
<b>05</b>	456,64	46	502,64
<b>06</b>	933	54	987
<b>07</b>	973,3	26	999,3
<b>10</b>	599,2	308	907,2
<b>11</b>	1016,6	61,7	1078,3
<b>12</b>	1879,4	155,8	2035,2
<b>13</b>	823	31	854
<b>14</b>	642,3	62	704,3
<b>17</b>	1183,4	56	1239,4
<b>18</b>	2607,6	121,4	2729
<b>19</b>	1249,4	121,4	1370,8
<b>20</b>	1204,9	51	1255,9
<b>21</b>	917,6	75	992,6
<b>24</b>	1554	60	1614
<b>25</b>	456,44	46	502,44
<b>26</b>	2040	142	2182
<b>27</b>	944	314	1258
<b>28</b>	648	75	723
<b>31</b>	1183	269	1452
<b>TOTAL</b>	<b>21311,78</b>	<b>2075,3</b>	<b>23387,08</b>

**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** *El Autor*

## Árbol de problemas



**Figura 2.** Árbol de problemas

**Fuente:** DKPLAST S.A.

**Elaborado por:** El Autor

## **Análisis Crítico**

La extrusión, es un proceso de transformación de polímeros para la elaboración de productos, que se basa en características físico-químico determinado por la influencia de fuerzas mecánicas, alta temperatura y humedad; para la realización de estos procesos la empresa cuenta con extrusoras Lung Meng 2019, que incluyen modelos de un solo husillo y doble husillo, tanto para trabajar con polietileno de alta y baja densidad. Los métodos de trabajo que maneja la empresa para la producción de los rollos de plástico que a su vez se transformarán en fundas de diferentes tipos, no se apoyan en el seguimiento de un flujo de proceso, más se basan en la creatividad e iniciativa del operador para en el desarrollo del trabajo; la utilización de diagramas de flujo permitiría mejorar los procesos de una manera técnica y controlada.

El desperdicio conocido también como despilfarro o muda por los japoneses está ligada a las actividades que se realiza durante el proceso productivo que utiliza recursos como materia prima, tiempo, equipos, materiales, personas, etc., aunque desde otra perspectiva suelen verse los desperdicios en actividades que se realizan cotidianamente. La eliminación continua y sostenible de desperdicios es el principal objetivo de Lean (Medina, 2021). El registro de desperdicios con el que cuenta la empresa no es suficiente para visualizar el volumen de material defectuoso o dispuesto a reproceso, por lo tanto, no sirven para analizar el desempeño de las operaciones y el monitoreo de las mismas, en tanto al existir un registro que no satisfaga las necesidades presentadas anteriormente, la empresa tiende a la imposibilidad de generar un informe de productos terminados que se producen a diario, semanal, mensual y anualmente.

Durante el proceso de extrusión, no existe un control técnico eficiente que permita optimizar el uso de los productos, que inician con la preparación y mezcla de los polímeros, hasta tener los bobinados, la mezclas no pueden ser realizados con cálculos inexactos, basados en la experiencia del encargado, estos procesos

deben ser fruto de una planificación bien esquematizada, es decir, debería realizar tablas de pesos y medidas que permitan tener un cálculo exacto de los diferentes polímeros que se usan en las mezclas, esto evitara que se produzcan desperdicios y se tenga que reutilizar el material.

Al englobar las causas y efectos mencionadas, se enfoca básicamente en como incide el proceso en la producción de la empresa, esto con el fin de conocer los procedimientos actuales, mismos que están siendo ejecutados en cada una de los procesos que se realizan y de este modo determinar cuáles son los factores que están incidiendo en la producción de la empresa.

De hecho, visto las causas y efectos, se determina que en general en la empresa no revisan continuamente los procesos y esto afecta directa o indirectamente en los niveles de producción y en la cantidad de desperdicios, lo que se traduce en una relación costo/beneficio poco equilibrado, que genera muchas pérdidas de tiempo, de materiales y recursos económicos.

### **Antecedentes**

En la tesis realizada por (Katy Garcías, 2018) con el tema **“ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Y LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA TEGMER DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**.

La autora realizó el trabajo con la intención de determinar la relación existente entre el proceso de fabricación de estructuras y su productividad; uno de los problemas que se detectó, fue el inadecuado manejo de los procesos de producción. Aplicó una metodología de observación con el estudio de métodos y medición del trabajo como técnica de investigación, además implementó flujogramas, diagramas, integrando de forma activa a los trabajadores de la empresa.

Del mismo modo se dan a conocer las conclusiones de mayor relevancia:

- El diagrama de flujo de procesos permitió identificar las actividades de operación, transporte, espera, inspección y almacenamiento de los siete procesos que comprenden la fabricación de las estructuras metálicas de la empresa TEGMER; determinando que la actividad con más duración corresponde al proceso de armado con 864 min.
- La investigación permitió el estudio del proceso de fabricación de estructuras metálicas y la productividad de la empresa TEGMER, para su desarrollo consideró la identificación de cada proceso para la construcción de estructuras tipo KGI.

Según la tesis “**PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN DE BOBINAS DE POLIETILENO DE LA EMPRESA POLYBAGS PERÚ S. R. L. PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD**” realizada por (Fernández, 2021)

El autor se basó en la interpretación del proceso de extrusión de bobinas de polietileno en la empresa Polybags Perú S. R. L. la cual presentaba problemas de baja productividad. El proceso que analizó, no contaba con un método estandarizado de trabajo, por ello se realiza un análisis situacional, diagnóstico de los indicadores de productividad que permitan medir el sistema de trabajo de la empresa. Para ello, después de analizar etapa por etapa el proceso productivo, logró registrar los tiempos promedios de ejecución de cada una de ellas, esta información refleja que el cuello de botella se presenta en el área de extrusión de bobinas.

Sus principales conclusiones son:

- Determinó que la herramienta más óptima para aplicar en la elaboración de la propuesta de mejora es la metodología SLP y el trabajo estandarizado. Para ello, realizó una nueva distribución de planta, estandarizó los tiempos de cada operación y se realizó un balance de los puestos de trabajo considerando la carga de trabajo de cada operario.

- Mediante la aplicación de la metodología SLP y la estandarización de tiempos se logra incrementar la producción en un 33%, pasando de producir 32 a 38 bobinas por día, de esta manera, su nivel de servicio incrementa a 79,71%.

La tesis elaborada por (Morales, 2017), con el tema **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE EXTRUSIÓN SOPLADO PARA ENVASES PLÁSTICOS EN LA EMPRESA EMPAQPLAST Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD”**

El autor señala que el método utilizado para el estudio de trabajo fue el Análisis de Tiempos y movimientos, método de trabajo que permitió incrementar la eficiencia de la línea en el 2% y la capacidad de producción en el 18 %. Estos indicadores de producción muestran que la metodología aplicada dio un resultado positivo y por ende es la correcta. Además, el método utilizado mejoró la calidad del entorno laboral y optimizó el uso de los recursos, dando como resultado la generación de mayor utilidad para la empresa.

La tesis elaborada por (Briones Salazar, 2017), con el tema **“CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS PARA LA REDUCCIÓN DEL PRODUCTO NO CONFORME EN LA EMPRESA MIGPLAS S.A.”**

El autor propone reducir el porcentaje de producto no conforme generado en el área productiva de la empresa MIGPLAS S.A., con el objetivo de identificar el proceso que más desperdicio genera, excediendo el porcentaje estándar permisible del 3% por política de la empresa. Mediante un diagrama de Pareto y el diagrama de Ishikawa, que en conjunto detectaron como principal generador de desperdicio al proceso de extrusión, debido al arranque de película y el ojo de pescado generados por causa de la materia prima de mala calidad.

Sus principales conclusiones son:

- En conclusión, el autor planteó la reducción del exceso de scrap y reducirlo hasta el porcentaje permisible del 3%, donde se obtendrá una recuperación por reducción de desperdicio.
- Como solución a este problema se planteó la conformación de un departamento de calidad que realice la inspección de materia prima virgen y el material reprocesado antes de ingresar a la bodega, evitando que se compre materia prima de mala calidad con impurezas y humedad.

### **Justificación**

La importancia de realizar el presente proyecto técnico es por la creciente competitividad en la industria del polietileno, la cual es un claro factor que incide directamente en la estabilidad comercial de las industrias. La empresa debe velar por dos cuestiones que se amalgaman mutuamente, la administración de las operaciones y la producción, que lo único que busca es tener procesos productivos más eficientes y con un valor agregado.

Por tal motivo esta empresa dedicada a la fabricación de fundas y rollos plásticos de polietileno DKPLAST S.A requiere realizar mejoras dentro de su sistema productivo, mediante un análisis del proceso de extrusión y su incidencia en la producción, el manejo de materiales, materias primas y desechos que se generan, permitan mejorar el desempeño, rendimiento y capacidad del proceso actual de la planta de producción.

La utilidad a la que contribuye esta investigación se basa en aportes esenciales, para la obtención de datos referentes a los niveles de desperdicio y su incidencia en la producción de la planta en el área de extrusión que permita mejorar el proceso y así presentar una formalidad en sus operaciones y que sea un punto de referencia para la mejora de la producción de la empresa indagando una alternativa para el desarrollo en la fabricación de los diversos productos.

Los beneficiarios en este proyecto de investigación es directamente la organización, debido a que le permitirá una mejor elección acerca de la realización de su proceso y obtener que se adapte a los requisitos específicos que requiere el cliente interno. Los beneficiarios dentro de la organización son los jefes y operarios que están inmersos dentro del proceso de transformación del polietileno en su primera etapa, aplicar un método que este acorde al proceso.

Finalmente, este proyecto es factible porque se cuenta con la colaboración del representante legal de DKPLAST S.A. quien han decidido apoyar plenamente el presente estudio brindando la información requerida en el momento oportuno. Desde el punto de vista económico el estudio no representa un egreso de consideración por lo que puede ser cubierto por el autor del presente trabajo. Además, técnicamente existe la factibilidad de realización porque se dispone de los conocimientos de Ingeniería Industrial que son perfectamente aplicables a la problemática actual.

#### **Objetivo General:**

- Analizar el proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad mediante el estudio en las etapas de degradación y reutilización del material para determinar su incidencia en la producción en la empresa DKPLAST S.A.

#### **Objetivos Específicos:**

- Identificar la situación problemática empleando la técnica de árbol de problemas para determinar la relación de tipo causa-efecto.
- Operacionalizar la variable independiente y dependiente mediante la recolección de información para describir los métodos herramientas y técnicas a utilizar en la investigación.
- Relacionar los datos obtenidos del proceso de producción mediante un método estadístico que permitan verificar la incidencia en la producción.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### Área de Estudio

<b>Dominio:</b>	Tecnología y sociedad
<b>Línea de investigación:</b>	Sistemas Industriales
<b>Sub línea de investigación:</b>	Producción, análisis, diseño, simulación, logística, validación, P+L1, mantenimiento y mejora de sistemas productivos combinando calidad, costo y tiempos de entrega oportunos.
<b>Campo:</b>	Ingeniería Industrial
<b>Área:</b>	Producción
<b>Aspecto:</b>	Proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad
<b>Objeto de estudio:</b>	DKPLAST S.A.
<b>Periodo de análisis:</b>	Octubre 2021 – Diciembre 2021

#### Enfoque científico

La modalidad del presente trabajo fue mixta es decir cualitativa y cuantitativa; el enfoque cuantitativo se basa en la aplicación de técnicas de recolección e interpretación de datos numéricos, y la aplicación de la estadística descriptiva para el análisis y discusión de los resultados en lo que es la aplicación de mejoramiento de procesos con variables numéricas, a partir de muestreo de datos en la empresa DKPLAST S.A.

La parte cualitativa se basa en la recolección de información en el componente teórico, de fuentes confiables que faciliten generar mayores

conocimientos sobre el problema planteado y así mismo facilite la discusión de los resultados obtenidos.

## **Técnica metodológica**

### **Exploratoria**

La investigación busca analizar los inconvenientes involucrados en el proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad en sus etapas de degradación y reutilización para determinar su influencia en la producción. Este tipo de investigación muestra la manera con la cual se debe abordar el problema para que de esta manera se logre optimizar el uso de recursos, tales como, tiempo, dinero, mano de obra y uso de equipos. Además, que permite encontrar problemas no identificados a simple vista por el investigador.

### **Descriptivo**

Consiste fundamentalmente en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores. En este trabajo lo que se pretende es describir puntualmente los aspectos fundamentales dentro del proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad en su etapa de degradación y reutilización, analizar cuáles son las causas que inciden en la producción.

### **Asociación de variables**

Se estableció el grado de relación o asociación de la variable independiente (Proceso de extrusión de polietileno) y la variable dependiente (Producción) evidenciando su relación directa para el análisis y la solución del problema en la empresa.

## **Explicativo**

Una cosa es recoger datos, descubrir hechos, describir situaciones o clasificar los fenómenos, pero otra es saber por qué ocurren, cuáles son sus factores determinantes, de dónde proceden, cómo se transforman. El nivel explicativo establece una realidad y de hacerla comprender a través de leyes científicas o de teorías. Las leyes señalan aquellos hechos o fenómenos que se dan en determinadas condiciones. El investigador se plantea la búsqueda de respuesta a algunos de los porqués de los fenómenos y hechos.

## **Modalidad básica de la investigación**

### **De Campo**

El propósito de la investigación es realizarla donde se encuentra el objeto de estudio, en este caso en la empresa DKPLAST S.A., al estar en contacto directo con los jefes de producción, mantenimiento y los operarios, esto permitirá un conocimiento más afondo por parte del investigador. Cuando los datos se recogen directamente de la realidad se les denominan primarios, su valor radica en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, por lo que facilita su revisión y/o modificación en caso de surgir dudas.

### **Bibliográfica Documental**

El inicio de cualquier investigación es la formulación del problema sobre el eje central que es la pregunta. Muchas veces, el problema, como la pregunta, requieren de una contextualización. El mejor método para ello es el análisis sistémico del objeto de estudio. De algún modo, con la teorización se busca, por un lado, tener una idea clara del problema; por el otro, encontrar una respuesta explicativa a la pregunta del problema. La investigación es bibliográfica documental porque recolectará información de carácter documental y teórico de libros, tesis e internet, con el fin de ampliar o expandir los conocimientos, los cuales ayudarán en el presente trabajo de investigación.

## Diseño del trabajo:

### Operacionalización de las variables

**Tabla 5.**

*Variable Independiente: Proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad*

<b>Conceptualización</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Ítem básico</b>	<b>Técnicas e Instrumentos</b>
El proceso de extrusión de película soplada o película tubular es el método más común para la fabricación de películas o films, y en general se utiliza para fabricar bolsas de plásticos termoplásticos. Más de la mitad de las películas producidas hoy en día se hacen de polietileno, en su mayoría de baja densidad (Mariano, 2012).	Calidad del producto (transformación de materia prima)  Utilización de los recursos	Calidad de material.  Formas de los materiales  Revisión de procesos.  Eficiencia del proceso	¿Los procesos continuos son controlados?  ¿El producto final cumple con las normas establecidas?  ¿Es eficiente el proceso de producción de rollos de polietileno?	1. Levantamiento del proceso.  2. Registro de consumo de materia prima y desperdicio.  3. Diagrama de flujo según ANSI  4. Caracterización del proceso

**Fuente:** *investigación*

**Elaborado por:** *Ango Venegas Anthony René*

**Tabla 6.***Variable dependiente: Producción*

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítem básico	Técnicas e Instrumentos
Velasco lo define como una forma natural de organizar el trabajo” (Velasco, 2010, pág. 36). Este concepto expresa que realmente un proceso permite organizar las tareas o actividades necesarias en el trabajo de la empresa. Entonces resulta de gran importancia conocer cuáles son estos pasos que permitan mejorar la calidad de la producción y por consiguiente los beneficios para la organización.	Tareas y actividades en el proceso.  Calidad de la producción	Índices de producción	¿Qué niveles de producción existen?  ¿Qué cantidad de pérdidas existen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación directa</li> <li>• Registro de producción</li> </ul>

**Fuente:** *investigación***Elaborado por:** *Ango Venegas Anthony René*

## Población y Muestra Población

La población se refiere a todo el grupo de unidades de observación, en este caso hay una política implantada por producción en la cual se toman mediciones para el proceso de extrusión de polietileno, el dato poblacional se detalla a continuación.

### Tabla 7.

*Población Julio a Diciembre del 2021*

Meses	Población
6	180 días

Fuente: *investigación*

Elaborado por: *Ango Venegas Anthony René*

## Muestra

La muestra es una parte de la población que es representativa y por ende puede ser proyectada a la población o universo. Para determinar la muestra se aplica la siguiente fórmula:

$$N = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2(N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$

### Donde:

N = Población

Z = Nivel de confianza

p = Probabilidad de que ocurra el tiempo de ciclo

q = Probabilidad de que no ocurra el tiempo de ciclo

d = Precisión o límite aceptable de error muestra

### Reemplazando los valores:

N = 180 días = 6 meses

Z = 1,6 (al 95% de confianza)

p = 70% (equivale al 0,7)

q = 30% (equivale al 0,3)

d = 5% (equivale al 0,05)

$$N = \frac{180 * 1,6^2 * 0,7 * 0,3}{0,05^2(180 - 1) + 1,6^2 * 0,7 * 0,3}$$
$$N = 93,23$$

Debido a que los 6 meses equivalentes 180 días tomados como referencia para la población en la investigación, el resultado de la muestra da 93,23 días equivalentes a 3 meses de observación.

### **Hipótesis**

**H0** = El proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad no incide en los niveles de producción de plástico en la empresa DKPLAST S.A.

**H1**= El proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad incide en los niveles de producción de plástico en la empresa DKPLAST S.A.

### **Señalamiento de variables**

**Variable Independiente:** Proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad.

**Variable Dependiente:** Producción.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Levantamiento del proceso**

La materia prima es provista por empresas que se dedican a la fabricación y venta de polietileno, generalmente son empresas del exterior. El polietileno que utiliza DKPLAST S.A. para realizar sus actividades comerciales proviene la mayor parte de países como: China, India, Canadá y países árabes, estos materiales de alta y baja densidad, por sus características son utilizados en diferentes productos; los de alta densidad, presentan mayor rigidez y alta resistencia, al contrario del polietileno de baja densidad cuya característica principal es la flexibilidad, buena resistencia a altas temperaturas y a sustancia químicas, por lo tanto serán utilizados para la fabricación de fundas en sus diferentes tipos y formas.

El material virgen y reprocesado que constituye todos los materiales reciclado y procesados, son enviado de la bodega a la planta de producción como lo muestra el Anexo 2 y el Anexo 5, mediante transferencias diarias, de acuerdo a la demanda y orden de pedido. El material virgen es transportado en pallets de 55 bultos, cada uno de 25 kg y el material reprocesado en cajas o sacos de cantidades que fluctúan entre 600kg y 700kg cada uno como se muestra en la Figura 3. El vehículo que transporta el material, llega al área de recepción, donde se descarga el material y se lo ubica en espacios destinados, hasta su uso.



**Figura 3.** Lugar donde se ubica la materia prima en la planta

**Fuente:** DKPLAST S.A.

**Elaborado por:** El Autor

En base a la orden de trabajo destinado para cada máquina como lo indica el Anexo 3, la distribución de las máquinas (Extrusoras 1, 2, 3, 4, 5, 6,7 y 8) el operador realiza la selección y mezcla de material, de acuerdo a la fórmula destinada para la elaboración de cada producto. Esta mezcla se la realiza en recipientes de 50 kg de capacidad, como lo indica la Figura 4. El operador, luego de haber realizado la mezcla del material, procede a introducir las mangueras de succión en los recipientes para que estas, mediante un proceso de aspiración, trasladen el material hacia la tolva del tornillo de la extrusora.



**Figura 4.** Mezclado de material en recipientes de 50 Kg  
**Fuente:** DKPLAST S.A.  
**Elaborado por:** El Autor

En la línea de película soplada la extrusora está equipada con una boquilla anular, dirigida hacia arriba como lo indica la Figura 5. Por el interior de la boquilla se inyecta aire que queda confinado en el interior del material que sale por la boquilla y que es contenido, por dos rodillos situados en la parte preeminente (rodillos de colapsado). A la salida del cabezal el material se enfría bruscamente por medio de una corriente forzada de viento que pasa por medio de una cámara anular (anillo de enfriamiento) y se dirige concéntrica y uniformemente sobre la burbuja.



**Figura 5.** Salida del material por el cabezal en forma de burbuja

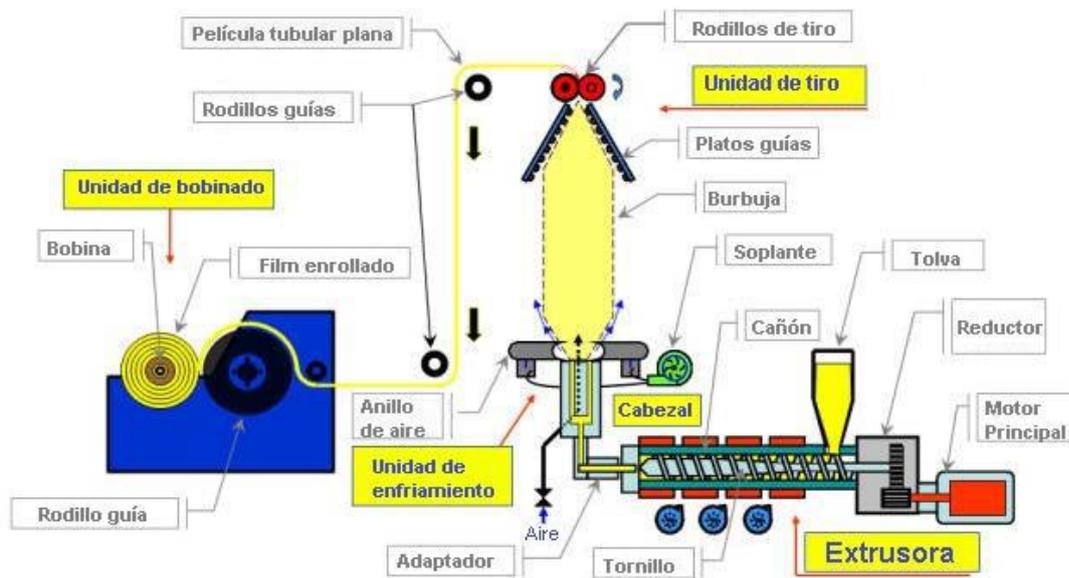
**Fuente:** DKPLAST S.A.

**Elaborado por:** El Autor

Cuando el flujo del aire no está bien regulado o no es concéntrico con la burbuja, se produce una diversidad de espesores como lo indica la Figura 4 que dan lugar a la formación de ondulaciones. La fábrica trabaja con espesores que van desde los 0,45 a 0,7, el cociente entre el diámetro de la burbuja y el diámetro de la boquilla se llama proporción de explosión o relación de soplado y suele estar en el intervalo de 2,0 a 2,5.

La película enfriada pasa a través del canasto y se aplasta entre dos rodillos de tiro y colapsado, pasando por otros rodillos que sirven de guía, antes de pasar a rodillos de enrollado, donde se recoge la bobina como lo indica el Anexo 6.

En el rodillo de bobinado se disponen una serie de rodillos que evitan la formación de pliegues los cuales se denominan rodillos guías. Entre los rodillos de arrastre y los de enrollado se disponen generalmente los sistemas de tratamiento y eliminación de cargas estáticas formado por cepillos conductores de electricidad con puesta a tierra que rozan la superficie de la película, ya colapsada, a fin de eliminar corriente estática, en la Figura 6 se evidencia el proceso por el cual atraviesa la materia prima en su proceso de transformación, dando por terminado el proceso con los rolos ya terminado como lo indica el Anexo 1.



**Figura 6.** Extrusión de soplado de burbuja  
**Fuente:** Tecnología de los plásticos  
**Elaborado por:** Mariano (2012)

### Recolección de la información

Se había propuesto en la metodología, la observación directa en cada etapa del proceso y de aquí utilizar la técnica de registro de datos para estructurar la información y presentarlo de manera entendible para el lector.

Este procedimiento se realizó con la ayuda de la investigación de campo, esto es en las instalaciones la empresa DKPLAST S.A, y se registraron los datos de producción de rollos de polietileno de alta y baja densidad, trabajando con 8 extrusoras, en un período de tres meses, como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8.**

*Producción de rollos de polietileno de alta y baja densidad*

Fecha	Número de Rollos producidos	Cantidad extruida en kilos
1oct-8oct	512	153600
11oct-15oct	320	96000
18oct-22oct	320	96000
25oct-29oct	240	72000
1nov-5nov	280	84000

<b>Fecha</b>	<b>Número de Rollos producidos</b>	<b>Cantidad extruida en kilos</b>
8nov-12nov	280	84000
15nov-19nov	316	94800
22nov-26nov	312	93600
29nov-30nov	128	38400
1dic-3dic	192	57600
7dic-10dic	256	76800
13dic-17dic	320	96000
20dic-23dic	256	76800
27dic-30dic	256	76800
<b>Total</b>	<b>3988</b>	<b>1196400</b>

**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** El Autor

La Tabla 8 muestra los valores de producción de polietileno de alta y baja densidad, en la empresa DKPLAST S. A.; de aquí el valor más bajo es de 128 rollos y el más alto de 512 rollos con una fluctuación alta.

La información recolectada mediante los registros de desperdicios diarios como en el Anexo 4 y 7, permite agrupar los valores tal y como se presenta en la Tabla 9.

### **Tabla 9.**

Desperdicios generados durante los procesos de extrusión del polietileno mes de octubre 2021.

<b>Fecha</b>	<b>Desperdicio para el reproceso</b>	
	<b>Alta densidad Cantidad en Kg</b>	<b>Baja densidad Cantidad en Kg</b>
1/10/2021	540	2
2/10/2021	1341	10
3/10/2021	558	-
4/10/2021	635	-
5/10/2021	1945	-
6/10/2021	1272	36
7/10/2021	575	100
8/10/2021	1672	24
11/10/2021	1497	-
12/10/2021	1532	-
13/10/2021	1118	-
14/10/2021	809	-
15/10/2021	1074	-
18/10/2021	1017	-
19/10/2021	1220	-

Fecha	Desperdicio para el reproceso	
	Alta densidad Cantidad en Kg	Baja densidad Cantidad en Kg
20/10/2021	2147	-
21/10/2021	1645	-
22/10/2021	901	-
25/10/2021	1355	-
26/10/2021	1146	-
27/10/2021	1379	-
28/10/2021	1439	-
29/10/2021	1560	-
<b>TOTAL</b>	<b>28377</b>	<b>172</b>

**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** El Autor

La Tabla 9 muestra los valores de desperdicios generados durante el procesamiento y extrusión del polietileno, identificándose que existe mayores pérdidas en el proceso de alta densidad que en el de baja densidad, las diferencias son altas.

**Tabla 10.**

*Desperdicios generados durante los procesos de extrusión del polietileno mes de noviembre 2021.*

Fecha	Desperdicio para el reproceso	
	Alta densidad Cantidad en Kg	Baja densidad Cantidad en Kg
1/11/2021	784	-
2/11/2021	2111	-
3/11/2021	1478	-
4/11/2021	1224	-
5/11/2021	1242	-
8/11/2021	911	-
9/11/2021	818	-
10/11/2021	1431	-
11/11/2021	1580	-
12/11/2021	1463	-
15/11/2021	837	-
16/11/2021	159	2
17/11/2021	961	-
18/11/2021	829	6
19/11/2021	1032	12
22/11/2021	784	10

23/11/2021	913	5
24/11/2021	1038	-
25/11/2021	1081	-
26/11/2021	1329	-
29/11/2021	1090	-
30/11/2021	624	7
<b>TOTAL</b>	<b>23719</b>	<b>42</b>

**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** El Autor

Se tomaron los datos por meses para facilitar el análisis e ir verificando las variaciones en lo que son desperdicios tanto en alta densidad como en baja densidad, la tendencia como lo muestra la Tabla 10 siempre es generar más pérdidas en alta densidad, los valores de rangos de 159 a 2111 así, lo determinan: en baja densidad se tiene de 2 – 12 kg que es la medida con la que se muestran los valores.

**Tabla 11.**

*Desperdicios generados durante los procesos de extrusión del polietileno mes de diciembre 2021*

Fecha	<b>Desperdicio para el reproceso</b>	
	Alta densidad Cantidad en Kg	Baja densidad Cantidad en Kg
1/12/2021	1001	-
2/12/2021	1336	-
3/12/2021	992	5
7/12/2021	614	-
8/12/2021	495	-
9/12/2021	516	-
10/12/2021	727	-
13/12/2021	512	-
14/12/2021	1114	-
15/12/2021	611	-
16/12/2021	604	-
17/12/2021	556	-
20/12/2021	563	-
21/12/2021	508	-
22/12/2021	828	-
23/12/2021	539	-
27/12/2021	758	-
28/12/2021	771	-
29/12/2021	824	-
30/12/2021	1156	-

TOTAL	15025	5
-------	-------	---

Fuente: Registros Empresa DKPLAST S. A.

Elaborado por: El Autor

Los valores tomados para el mes de diciembre del 2021; sobre los desperdicios generados en la extrusión de polietileno en alta y baja densidad y la tendencia es generar más desperdicios en los polietilenos de alta densidad y casi ninguna en los de baja densidad.

La Tabla 12 hace referencia a la capacidad instalada de la planta.

**Tabla 12.**

*Capacidad instalada de la planta*

Extrusora	Velocidad de arrastre	Peso probeta	Capacidad instalada en kg
E8	41	38,1	2249,54
E7	40	38,1	2194,56
E6	51	28,5	2093,04
E5	39	38,1	2139,696
E4	39	38,1	2139,696
E3	39	38,1	2139,696
E2	24	18,8	649,728
E1	14	32,8	661,248

Fuente: Registros Empresa DKPLAST S. A.

Elaborado por: El Autor

La capacidad instalada del área de extrusión como lo muestra la Tabla 12 es de 655 kg/día para las extrusoras EX1 y EX2. La capacidad para las demás extrusoras con una velocidad variable de 40 a 51 m/min y con un peso probeta de 28,5 a 38,1 gr, tiene un promedio de 2163,31 kg/día trabajando las 24 horas sin parar.

La Tabla 13 hace referencia a la a capacidad real por turno.

**Tabla 13.**

*Capacidad real por turno*

Extrusora	Velocidad de arrastre	Peso probeta	Capacidad por turno kg
E8	41	38,1	1030,986
E7	40	38,1	1005,84
E6	51	28,5	959,31
E5	39	38,1	980,694
E4	39	38,1	980,694

<b>Extrusora</b>	<b>Velocidad de arrastre</b>	<b>Peso probeta</b>	<b>Capacidad por turno kg</b>
E3	39	38,1	980,694
E2	24	18,8	297,792
E1	14	32,8	303,072

**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** El Autor

La capacidad real por turno difiere de la capacidad instalada de la planta, como se presenta en la Tabla 13, la fluctuación es desde 297,792 hasta 1030,986 kilogramos se verifica que las velocidades de arrastre y el peso probeta incide en la capacidad de producción por turno.

El consumo diario de materia prima se registra como lo indica el Anexo 4 y 8. La tabla 14 representa el consumo de materia prima para el mes de

**Tabla 14.**

*Consumo diario de materia prima mes octubre 2021.*

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD EN KILOS POR DÍA</b>	<b>CANTIDAD EN KILOS PARA EL MES DE OCTUBRE</b>
HDPE A210153 F120A	4520	103960
METALOCENO D139	2800	276000
REPROCESADO ALTA DENSIDAD	6000	138000
ICELENE LDPE LD4221A	600	13800
PIGMENTOS	250	5750
CARBONATO	250	5750
REPROCESADO BAJA DENSIDAD	2400	55200
<b>TOTAL</b>	<b>16820</b>	<b>598460</b>

**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** El Autor

**Tabla 15.**

*Consumo diario de materia prima mes noviembre 2021.*

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD EN KILOS POR DÍA</b>	<b>CANTIDAD EN KILOS PARA EL MES DE NOVIEMBRE</b>
HDPE A210153 F120A	7500	165000

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD EN KILOS POR DÍA</b>	<b>CANTIDAD EN KILOS PARA EL MES DE NOVIEMBRE</b>
METALOCENO D139	2500	55000
REPROCESADO ALTA DENSIDAD	3600	79200
ICELENE LDPE LD4221A	600	13200
PIGMENTOS	250	5500
CARBONATO	250	5500
REPROCESADO BAJA DENSIDAD	1200	26400
<b>TOTAL</b>	<b>15900</b>	<b>349800</b>

**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** El Autor

**Tabla 16.**

*Consumo diario de materia prima mes diciembre 2021.*

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD EN KILOS POR DÍA</b>	<b>CANTIDAD EN KILOS PARA EL MES DE DICIEMBRE</b>
HDPE A210153 F120A	7500	150000
METALOCENO D139	2500	50000
REPROCESADO ALTA DENSIDAD	3600	72000
ICELENE LDPE LD4221A	600	12000
PIGMENTOS	250	5000
CARBONATO	250	5000
REPROCESADO DE BAJA DENSIDAD		1200
<b>TOTAL</b>	<b>14700</b>	<b>295200</b>

**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** El Autor

Las Tablas 14, 15 y 16 presentan datos de la cantidad de materia prima que se utiliza para la extrusión y procesamiento del polietileno, de alta y baja densidad, ya que se ha

levantado la información en los dos casos, el consumo de materia prima depende del elemento así se observa que el HDPE A210153 F120A, se usa en mayor cantidad que los otros materiales, generalmente los pigmentos registran valores más bajos de consumo.

### Matriz caracterización del proceso

La caracterización de un proceso es una herramienta de carácter táctico que facilita la descripción del funcionamiento del proceso, identificando elementos esenciales que dan lugar a la gestión y control de los procesos.

**Tabla 17.**

#### Caracterización del Proceso de Extrusión

<b>PROCESO: EXTRUSIÓN DE POLIETILENO</b>	
	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN
	Código: 01
	Versión: 01.22
Vigencia: 04/01/2022	
<b>TIPO DE PROCESO</b>	
Estratégico	<input type="checkbox"/>
Misional	<input checked="" type="checkbox"/>
Apoyo	<input type="checkbox"/>
Objetivo:	Garantizar una Gestión Productiva eficiente y efectiva, durante todo el ciclo del proceso.
Alcance:	Inicia con la Recepción de materia prima, para luego continuar con su Transformación, pasando por su proceso principal de extrusión, finalizando con el bobinado de los rollos y la entrega de comprobante de producto terminado.
Líder del proceso (Cargo)	Jefe de producción
Responsable del proceso (Cargo)	Operarios de turno y jefe de producción

PROVEEDOR-PROCESO		ENTRADA	ACTIVIDADES	SALIDA	CLIENTE-PROCESO	
Interno	Externo	Insumo		Producto y/o Servicio	Interno	Externo
	SINOPEC	HDPE A210153 F120A	1. Recepción de la materia prima			
	SINOPEC	METALOCENO D139	2. Ubicar el material en el lugar de trabajo			
DKPLAST S.A.		REPROCESADO ALTA DENSIDAD	3. Realizar la mezcla de material según la orden de trabajo			
	SINOPEC	ICELENE LDPE LD4221A	4. Introducir las mangueras de succión a los recipientes de la mezcla			
	SINOPEC	PIGMENTOS	5. Tomar una muestra de un metro cuadrado y medir sus parámetros de espesor, ancho y peso, en caso de no estar con los parámetros establecidos en la hoja de trabajo, calibrar en el cabezal el espesor.	Probeta		
	CPI VIET NAM PLASTIC LIMITED	CARBONATO	6. A medida que disminuya el material aumentar con más mezcla			
DKPLAST S.A.		REPROCESADO B/D	7. Retirar el rollo de la bobinadora y llevarlo a pesar			
			8. Registrar el rollo extruido, para pasar su siguiente etapa.	Rollos de polietileno de alta o baja densidad	Área de sellado	

RECURSOS REQUERIDOS			CRITERIOS Y MÉTODOS DE CONTROL		DOCUMENTOS ASOCIADOS
Humanos	Infraestructura y tecnológicos	Financieros	Riesgos y Controles Preventivos	Indicadores	
Jefe de producción	Máquinas extrusoras	Presupuesto Anual	Proceso de Direccionamiento Estratégico	Desperdicios por orden de trabajo	Registros de producción
Operarios	Impresoras			Cantidad de rollos producidos	
				Tiempo de operación	
CONTROL DE CAMBIOS					
VERSIÓN	FECHA	RELACIÓN DE LAS SECCIONES O PAGINAS MODIFICADAS		NATURALEZA DEL CAMBIO	
01.22				Que cambios existieron dentro del proceso	
ELABORÓ (Funcionario solicitante):		REVISÓ: (Responsable del proceso):		APROBÓ (Vo. Bo) (Líder de proceso)	
Nombre: Anthony Ango Venegas		Nombre: Ing. Antonio Mora		Nombre: Sr. Andrei Katz	
FECHA: 03/01/2022		FECHA: 24/01/2022		FECHA: 29/01/2022	

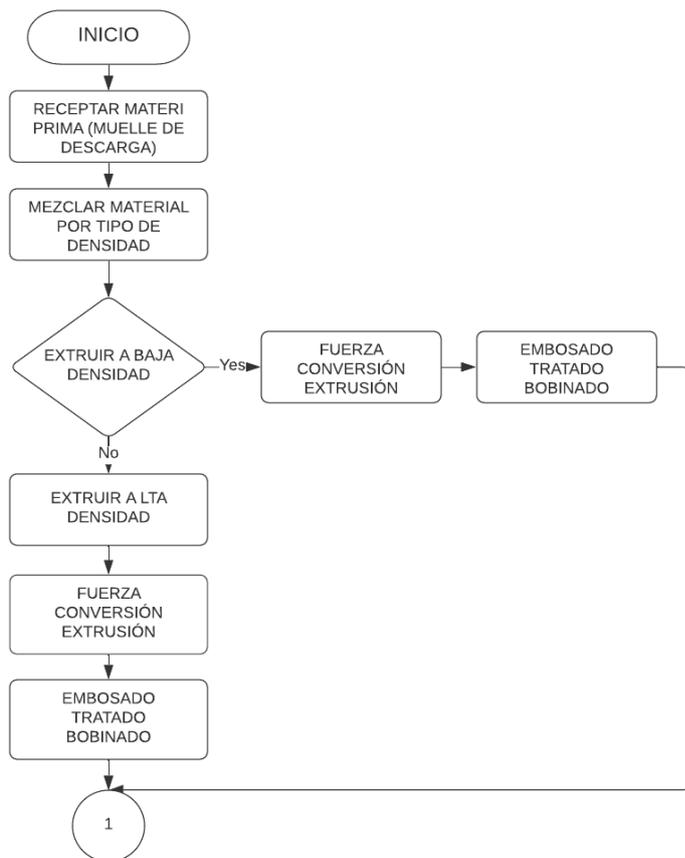
**Fuente:** Registros Empresa DKPLAST S. A.

**Elaborado por:** El Autor

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagrama de flujo del proceso evidencia la secuencia de actividades del mismo, para ello se comienza con el inicio del proceso, los puntos de decisión y su fin. La información proporciona una visión del funcionamiento, convirtiéndose en una descripción intuitiva y analítica, como se muestra en la Figura 7.

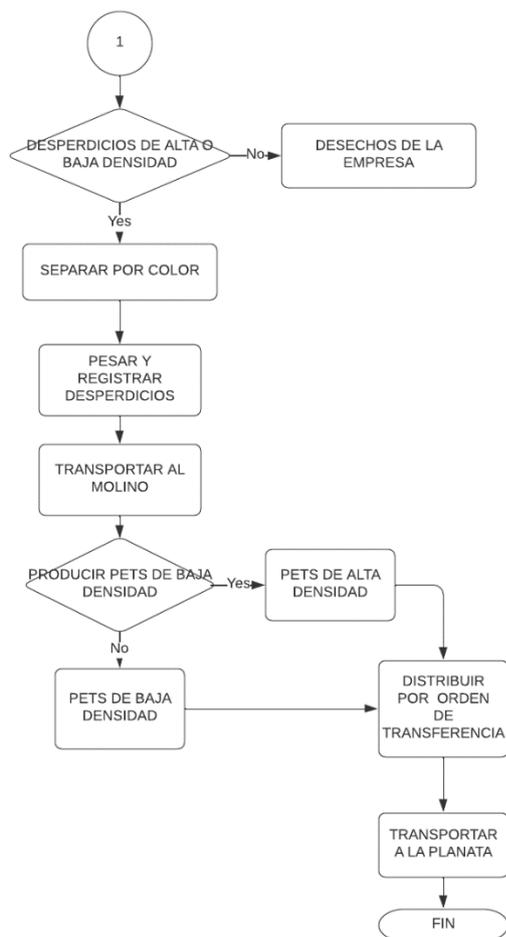


**Figura 7.** Diagrama de flujo del proceso

**Fuente:** DKPLAST S.A.

**Elaborado por:** El Autor

El diagrama de flujo de reproceso muestra el recorrido por el que atraviesan los desperdicios generados por el proceso de extrusión, desde su recolección, pesado y traslado al molino para ser transformado en material PET que se dispondrá a regresar nuevamente al sistema de producción, tal y como lo muestra la Figura 8.



**Figura 8.** Diagrama de flujo del reproceso

Fuente: DKPLAST S.A.

Elaborado por: El Autor

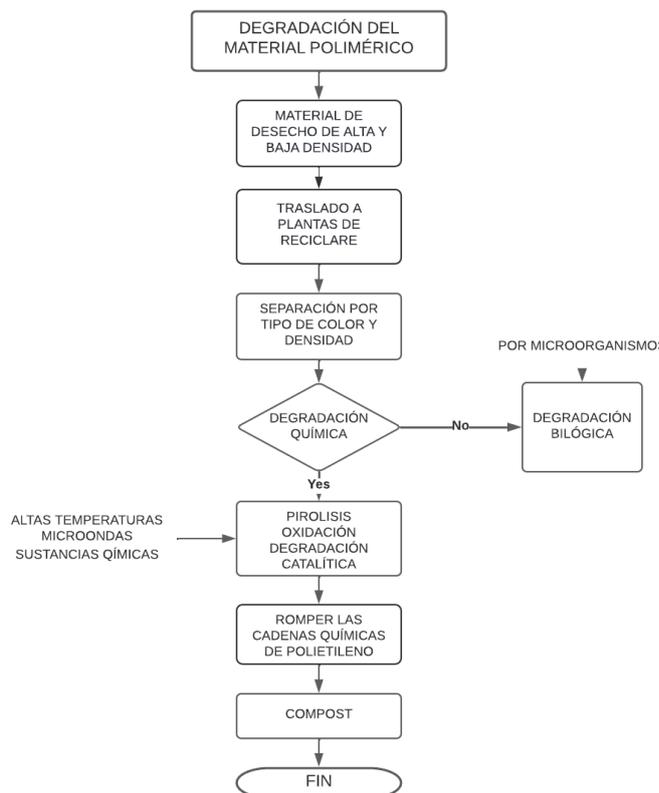
En función de esta secuencia de procesos se obtuvieron los resultados que se presentaron en el capítulo III. La Empresa DKPLAST S. A, no cuenta con un diagrama de flujo de procesos establecido y patentado que termina a los trabajadores seguir con el sistema de trabajo para la extrusión del polietileno, sin embargo, se rigen por su experiencia en el campo laboral e instrucciones del jefe de producción, para lo cual utilizan las siguientes materias primas:

- HDPE A210153 F120A
- Metaloceno D139
- Reprocesado alta densidad
- Icelene LDPE LD4221A
- Pigmentos
- Carbonato

- Reprocesado de baja densidad

Se concuerda con lo que aseveran (Juan Cárdenas-Giraldo, 2019); Los métodos industriales más usados para el procesamiento y reprocesamiento de polímeros son la extrusión y la inyección. La reprocesamiento consiste en la reincorporación de material ya procesado al ciclo normal de inyección o extrusión que reduce así la cantidad de residuos generados. Durante el proceso de inyección y extrusión es posible que el material sufra cambios químicos y físicos por efectos de la temperatura, el estrés mecánico y la oxidación.

La secuencia de procesos, da un producto final, pero no todo lo que ingresa sale, se generan pérdidas por desechos y desperdicios, en la secuencia regular que realizan las máquinas, en este caso las ocho extrusoras que funcionan en la Empresa DKPLAST S. A. Los residuos que se generan que ya no volverán al reproceso de envían a plantas de reciclaje donde reducirá el tiempo de vida útil del polietileno como lo indica la Figura 9.

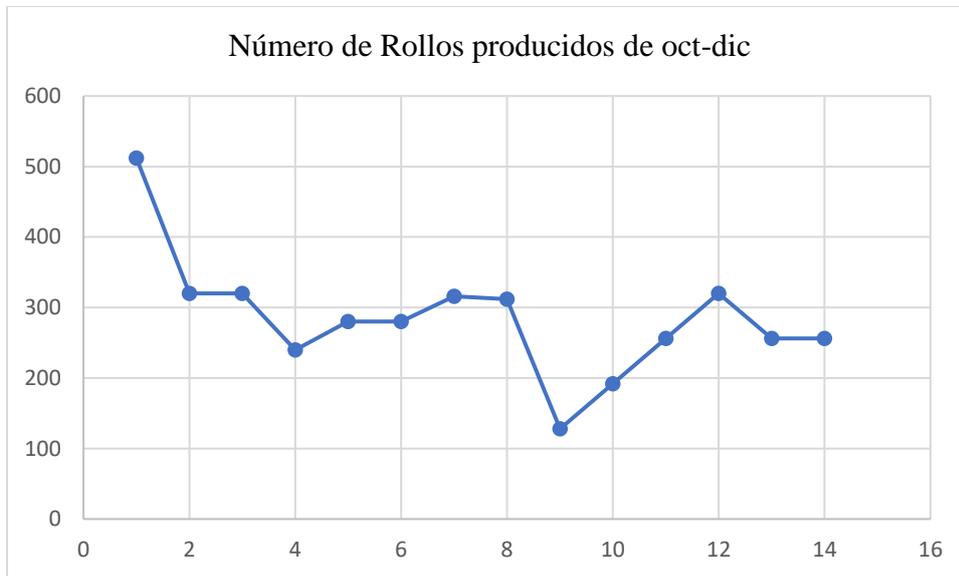


**Figura 9.** Diagrama de flujo de la Degradación del polietileno

**Fuente:** DKPLAST S.A.  
**Elaborado por:** El Autor

## Producción de rollos de polietileno de alta y baja densidad

La Figura 10 evidencia la cantidad de rollos extruidos en el trimestre.



**Figura 10.** Producción de rollos de polietileno de alta y baja densidad

Fuente: DKPLAST S.A.

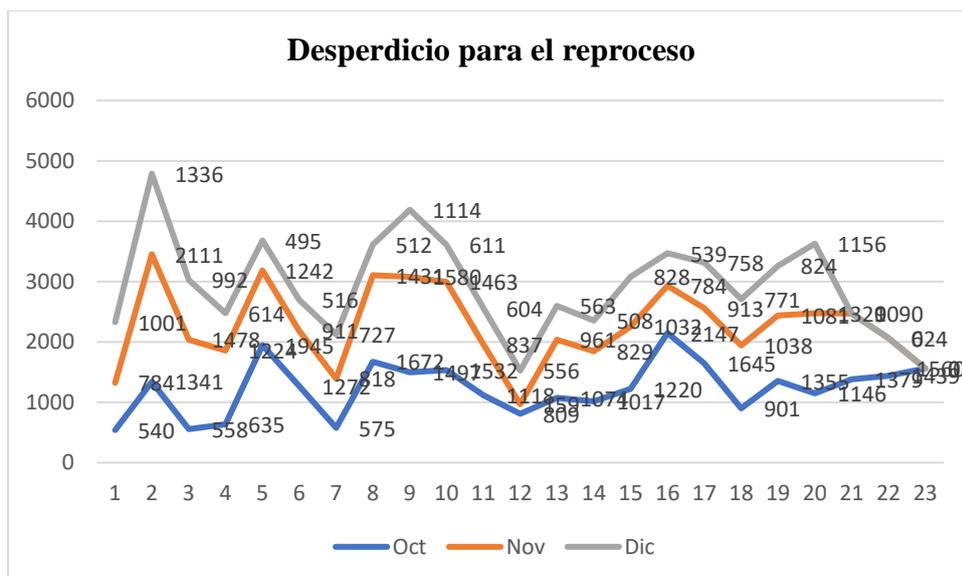
Elaborado por: El Autor

Se nota una alta distribución binaria de datos, esto implica que los procesos no están bien regulados y que los tiempos en los subprocesos, no están bien controlados o regularizados.

La obtención del HDPE se hace mediante un proceso de polimerización Ziegler-Natta, que es un proceso de polimerización catalítica (catalizador de Ziegler-Natta). Hay tres procesos comerciales importantes usados en la polimerización del HDPE: los procesos en disolución, en suspensión y en fase gaseosa. (De Souza, 2019). Se considera que, en estos tres subprocesos, hay problemas dentro de la Empresa DKPLAST S. A.

## Desperdicio para el reproceso para alta densidad

En la Figura 11 se muestran los desperdicios generados en los tres meses de trabajo, los cuales serán destinados al reproceso.



**Figura 11.** Desperdicio en el reproceso para alta densidad

Fuente: DKPLAST S.A.

Elaborado por: El Autor

En el mes de diciembre se generó más desperdicio que los meses de noviembre y octubre del 2021; es decir, se produjo mayor desperdicio en menor tiempo, estas distorsiones son producto de una insuficiente supervisión del proceso y el uso de materia prima que no se ajustan a pesos y porcentajes establecidos para su operación.

Las pérdidas de eficiencia ocasionan en los sistemas de producción mayores costos operativos, tiempos de despachos más largos, no conformidades, sistemas reactivos de gestión para aminorar dichas pérdidas, inadecuado uso de la energía, entre otros efectos no deseados. Por tal motivo, resulta de interés el estudio y el análisis de las eficiencias parciales y globales de las instalaciones de producción, sean éstas directamente relacionadas con los bienes físicos o con las relativas a la producción de servicios. (Fucci, 2018).

La empresa tiene una eficiencia promedio de producción del 45,833% por turno como lo muestra la Tabla 18, este valor es variable debido a que la empresa labora con dos turnos, uno por la mañana y otro por la noche,

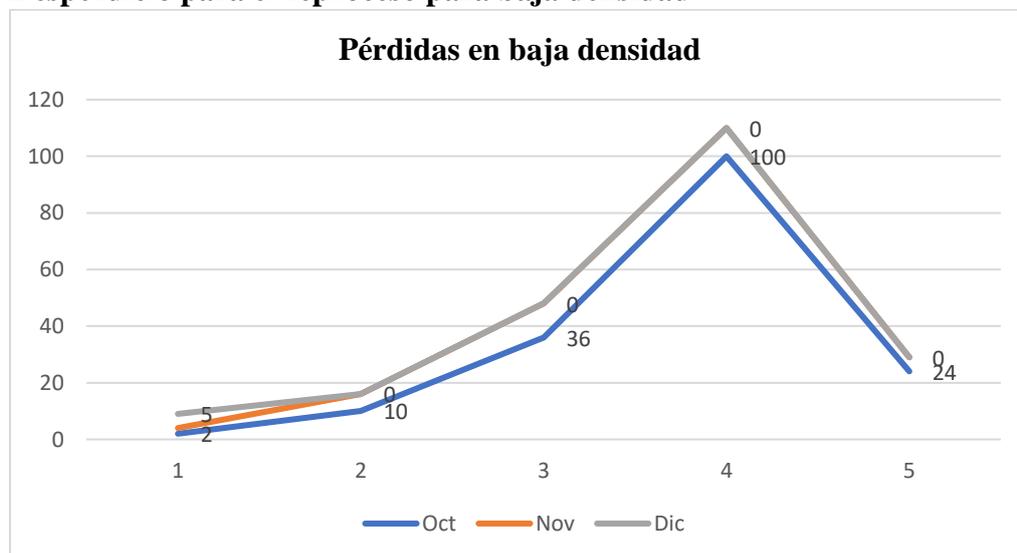
**Tabla 18***Eficiencia de la planta*

<b>Extrusora</b>	<b>Capacidad instalada en kg</b>	<b>Capacidad por turno kg</b>	<b>Eficiencia</b>
<b>E8</b>	2249,54	1030,986	45,831%
<b>E7</b>	2194,56	1005,84	45,833%
<b>E6</b>	2093,04	959,31	45,833%
<b>E5</b>	2139,696	980,694	45,833%
<b>E4</b>	2139,696	980,694	45,833%
<b>E3</b>	2139,696	980,694	45,833%
<b>E2</b>	649,728	297,792	45,833%
<b>E1</b>	661,248	303,072	45,833%

Fuente: DKPLAST S.A.

Elaborado por: El Autor

Es decir que esos desperdicios de hecho van a generar pérdidas en la Empresa DKPLAST S. A. y por lo tanto deben ser corregidos a tiempo como lo manifiesta (Briones Salazar, 2017) en su investigación.

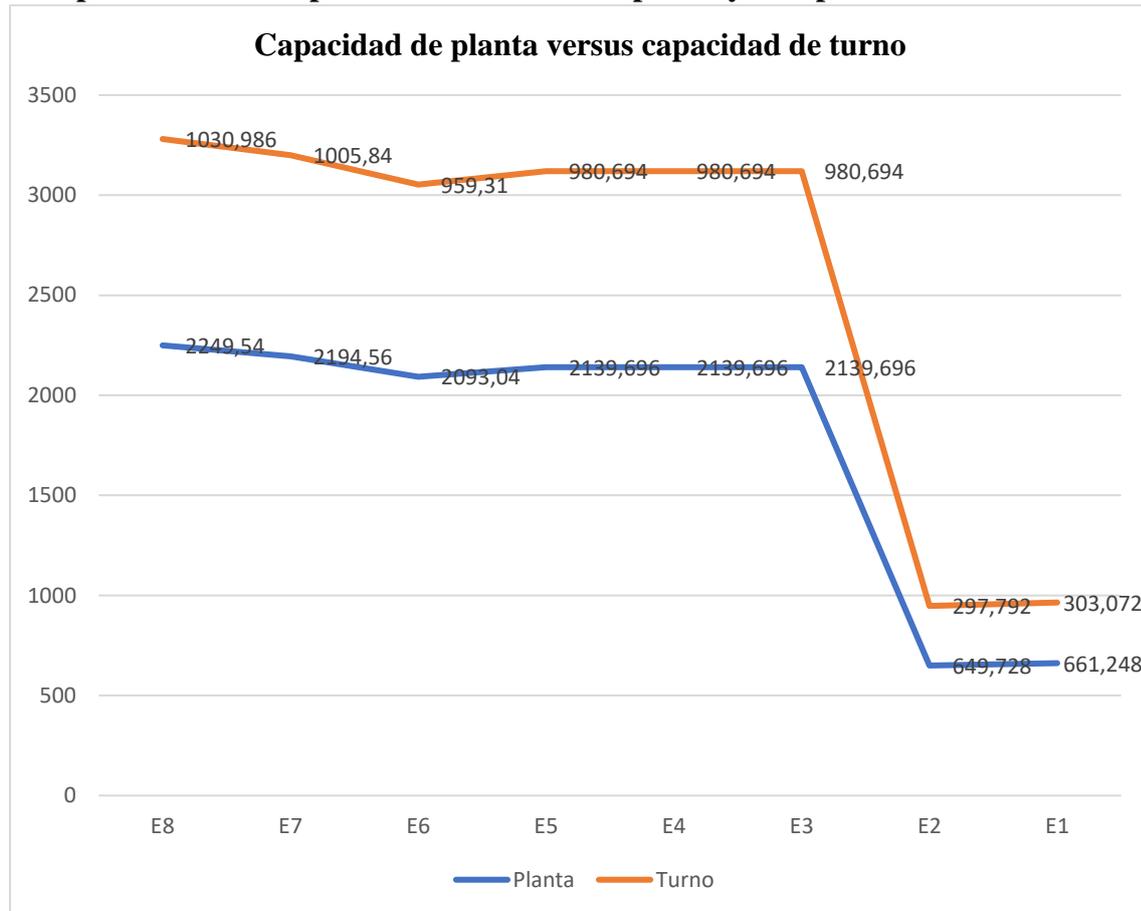
**Desperdicio para el reproceso para baja densidad****Figura 12.** Desperdicio en el reproceso para baja densidad

Fuente: DKPLAST S.A.

Elaborado por: El Autor

La Figura 12 muestra que los desperdicios en la fase de baja densidad son mínimos y se pueden tolerar, ya que no hay pérdidas prácticamente, pero si es motivo de revisión por parte de la Empresa DKAPLAST, el porque en los reprocesos de alta densidad se pierde mucho en relación a los de baja densidad.

### Comparación de la capacidad instalada de la planta y la capacidad de turno



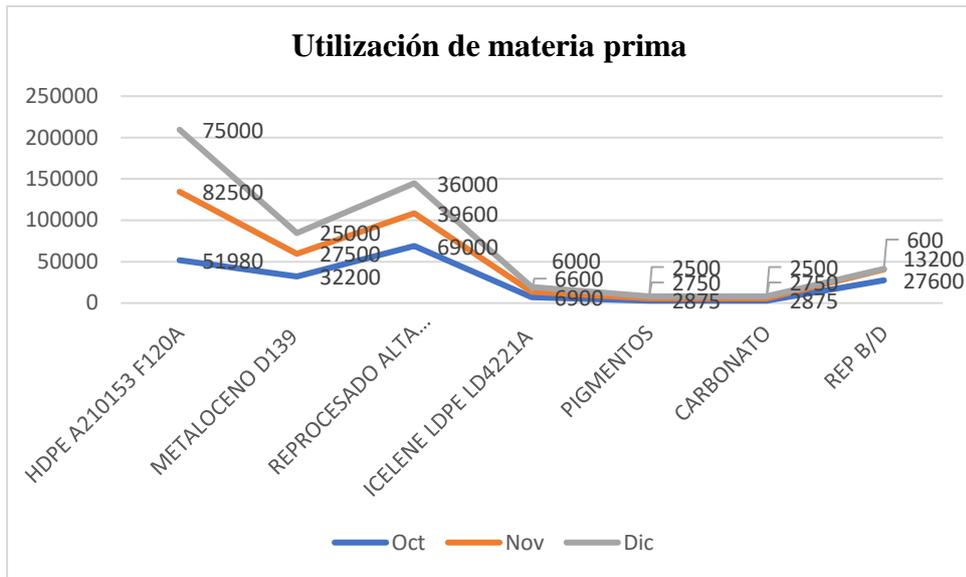
**Figura 13.** Capacidad instalada de la planta versus capacidad de turno

Fuente: DKPLAST S.A.

Elaborado por: El Autor

Si se compara la capacidad instalada de la planta, con la capacidad de turno como lo muestra la Figura 13, se nota que los niveles de producción no hay eficiencia ya que si por ejemplo en la extrusora 1, se tienen estos datos 661,248 – 303,072 kilogramos; se verifica que prácticamente solo se está utilizando el 45,833% de la capacidad instalada y esto genera pérdidas porque el reproceso no se debe considerar como una oportunidad, sino como una pérdida.

## Utilización de materia prima



**Figura 14.** Utilización de materia prima

Fuente: DKPLAST S.A.

Elaborado por: El Autor

La utilización de materia prima, va en función de los procesos y de las metas que se espera alcanzar, en este caso la Empresa DKPLAST entre octubre a diciembre del 2021, utilizo 1031860 kilogramos de materia prima, para producir 3988 rollos de plástico como lo indica la Figura 14; es decir una relación de 258,74 a 1; en este caso como se ha venido analizando los procesos tienen defectos y por lo tanto el uso de materia prima es mayor que lo normal para obtener un producto final.

Cuando los procesos no están estandarizados ocurre un descontrol en la supervisión de los mismos (Fernández, 2021), se debe realizar un diagnóstico de los indicadores de productividad que permitan medir el sistema de trabajo de la empresa.

## Verificación de la hipótesis

Se tiene que la hipótesis nula y alternativa son las siguientes:

**H<sub>0</sub>** = El proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad no incide en los niveles de producción de plástico en la empresa DKPLAST S.A.

**H<sub>1</sub>** = El proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad incide en los niveles de producción de plástico en la empresa DKPLAST S.A.

La Tabla 19 indica la comparativa de la variable producción referente a la cantidad de rollos extruidos por unidad y su peso en kilos con la cantidad de desperdicios generados, dispuestos al reproceso.

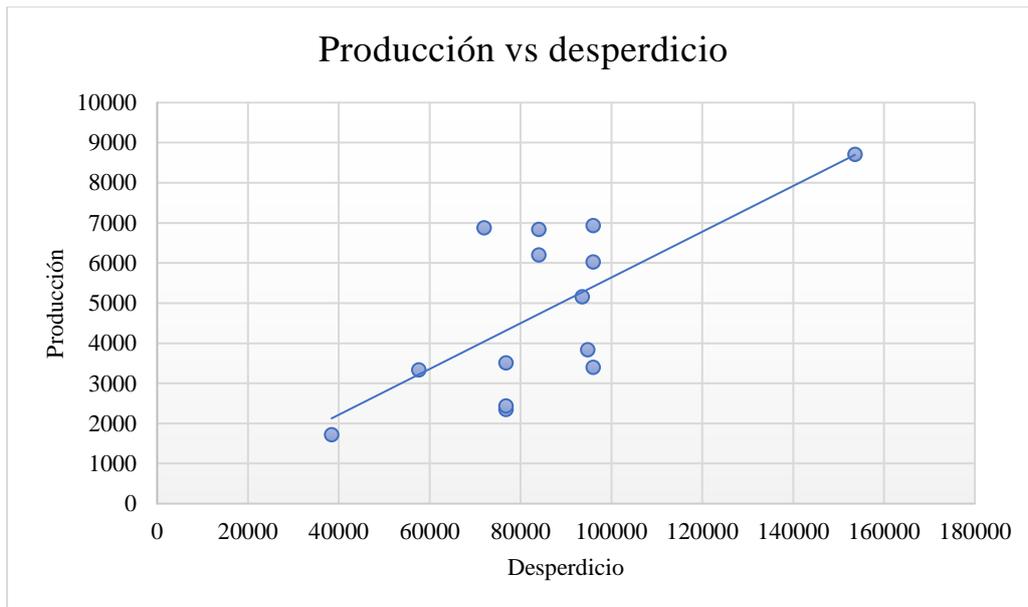
**Tabla 19**

*Cantidad de rollos extruidos vs cantidad de desperdicios generados*

<b>Producción de octubre a diciembre de 2021</b>			
Fecha	Número de Rollos producidos	Cantidad extruida en kilos	Cantidad de desperdicios
1oct-8oct	512	153600	8710
11oct-15oct	320	96000	6030
18oct-22oct	320	96000	6930
25oct-29oct	240	72000	6879
1nov-5nov	280	84000	6839
8nov-12nov	280	84000	6203
15nov-19nov	316	94800	3838
22nov-26nov	312	93600	5160
29nov-30nov	128	38400	1721
1dic-3dic	192	57600	3334
7dic-10dic	256	76800	2352
13dic-17dic	320	96000	3397
20dic-23dic	256	76800	2438
27dic-30dic	256	76800	3509
<b>Total</b>	<b>3988</b>	<b>1196400</b>	<b>67340</b>

**Fuente:** DKPLAST S.A.

**Elaborado por:** El Autor



**Figura 15.** Producción versus Desperdicio

**Fuente:** DKPLAST S.A.

**Elaborado por:** El Autor

Corriendo los datos en el software MiniTab, el resultado obtenido es el siguiente:

**Método**

$\mu_1$ : media de Cantidad extruida en kilos

$\mu_2$ : media de Cantidad de desperdicios

Diferencia:  $\mu_1 - \mu_2$

**Estadísticas descriptivas**

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Cantidad extruida en kilos	14	85457	25617	6846
Cantidad de desperdicios	14	4810	2143	573

### Estimación de la diferencia

<b>Diferencia</b>	<b>IC de 95% para la diferencia</b>
80647	(65805; 95490)

### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

<b>Valor T</b>	<b>GL</b>	<b>Valor p</b>
11,74	13	0,000

Como el valor-p es igual a 0,000 se rechaza la hipótesis nula, se determina que el proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad en su etapa de degradación y reutilización SI incide en los niveles de producción de la empresa DKPLAST S.A.; puesto que se utiliza una alta cantidad de materia prima, se genera un alto porcentaje de desperdicios en los plásticos de alta densidad, no así en los de baja densidad; esto implica que se debe intervenir en el proceso de extrusión de forma inmediata, puesto que esto genera pérdidas económicas y de tiempo.

### Componente Ambiental

La degradación del polietileno de alta y baja densidad son periodos muy extensos, estos no se descomponen en vertederos de basura o en el medio ambiente, a menos que estos sean sometidos a métodos de reciclaje y degradación, para tratar con este tipo de desechos se tienen métodos de degradación como: degradación química y biológica.

Para llevar a cabo la degradación química del polietileno se usan métodos como la pirolisis, oxidación y degradación catalítica. Todos estos métodos tratan de acortar el periodo de vida útil del polietileno, sometiéndolos a altas temperaturas generadas por la luz, microondas o aplicando sustancias químicas que aceleren el deterioro de las propiedades mecánicas y finalmente, a la fragmentación del polímero para reducir el impacto que estos residuos generan en el ambiente.

El Polietileno pertenece a los polímeros más utilizado por los humanos y por lo tanto además de ser uno de los que más contribuyen con la contaminación ambiental. La degradación química del polietileno hasta el momento, es la metodología más usada en la industria, por la cual se recibe una gama de hidrocarburos, no obstante, hasta el momento es poco selectiva a un producto en especial, además la actitud se realiza en reactores o grupos económicamente elevados, debido a que no es tan simple su compra y su mantenimiento.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

- De acuerdo al análisis realizado durante el proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad en la empresa DKPLAST S.A. se identifica que los desperdicios generados en el proceso de fabricación son mayores en el área de alta densidad debido a la falta de control en los procesos de preparación de la materia prima para la extrusión, los métodos de trabajo que maneja la empresa no se apoyan en el seguimiento técnico del proceso, más se basan en la creatividad e iniciativa del operador para en el desarrollo del trabajo.
- Mediante el planteamiento de la variable independiente: proceso de extrusión de polietileno se determinó que los procesos continuos no son controlados, que el producto cumple parcialmente con las normas establecidas por la empresa para su producción; la variable dependiente: producción, demostró que los niveles de fabricación que van de 128 a 512 rollos por trimestre presentan una pérdida significativa de polietileno de alta densidad, desde 159 hasta 2147 kilos de desperdicio registrados en las hojas de producción en el mismo período.
- Se determina que el proceso de extrusión de polietileno de alta y baja densidad en su etapa de degradación y reutilización SI incide en los niveles de producción de la empresa DKPLAST S.A.; puesto que se utiliza una alta cantidad de materia prima, se genera valores altos de desperdicio en los plásticos de alta densidad, no así en los de baja densidad; esto se determinó mediante el procesamiento de datos en el software MiniTab concluyendo que el valor-p es igual a 0,000 rechazando la hipótesis nula.
- La eficiencia de la planta tiene un promedio de 45,833% por turno, considerando que su infraestructura, el personal, material y producto terminado podría permitir duplicar la eficiencia del proceso de extrusión, la reutilización del material es una muestra del desperdicio del mismo, por lo que se debería considerar a la reutilización no como un beneficio, sino como una pérdida para la empresa.

## **RECOMENDACIONES**

- Concienciar a los altos mando de la empresa DKPLAST S.A. en la necesidad de invertir en capacitaciones para la formación interna de los trabajadores involucrados en el proceso de extrusión.
- Formar un equipo de trabajo de alto rendimiento, realizar una planificación adecuada y administrar los recursos de manera estratégica, para lograr efectividad en las acciones que serán llevadas a cabo e implementar mejoras progresivas y minimizar la resistencia al cambio.
- La empresa DKPLAST S.A. debe realizar tablas de pesos y medidas que permitan tener un cálculo exacto de los diferentes polímeros que se usan en las mezclas, esto evitara que se produzcan desperdicios y se tenga que reutilizar el material.
- Realizar un plan de mantenimiento periódico para verificar el estado de las máquinas y garantizar el buen funcionamiento de las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

- De Souza, M. (1 de junio de 2019). *Tecnología en los plásticos*. Obtenido de Polietileno de alta densidad: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polietileno-de-alta-densidad.html>
- EMIS. (2019). *DKPLAST S.A. (ECUADOR)*. Recuperado el 24 de Mayo de 2021, de emis.com: [https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Dkplast\\_SA\\_es\\_4907090.html](https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Dkplast_SA_es_4907090.html)
- Fernández, M. (2021). *Propuesta de mejora en la línea de extrusión de bobinas de polietileno de la empresa Polybags Perú S. R. L. para incrementar la productividad*. Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Fucci, T. (2018). Sistema de producción de Toyota. *Competencia*, 19 - 21.
- Juan Cárdenas-Giraldo, A. R.-G.-G. (2019). Cambios en la estructura química del polietileno de alta densidad al experimentar múltiples reprocesamientos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 111-124.
- Katy Garcías, J. c. (2018). *ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Y LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA TEGMER DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. Ambato: Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Leiva Chacón, J. L. (2020). *Caracterización y reciclado por extrusión del EVA de desecho ETIL VINIL ACETATO*. Sangolquí: Facultad de Ingeniería Mecánica. ESPE.
- Líderes. (4 de septiembre de 2018). *Revista Líderes*. Obtenido de Líderes: <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>
- Mendoza, J., & Llaxacondor, A. (2016). El estudio de caso en la investigación sobre la gestión de organizaciones: una guía introductoria. *360: Revista de Ciencias de la Gestión*, 151-153.
- Morales, J. G. (2017). *ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE EXTRUSIÓN SOPLADO PARA ENVASES PLÁSTICOS EN LA EMPRESA EMPAQPLAST Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD*. Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Roa, M. M. (30 de junio de 2021). *statica*. Obtenido de statica: <https://es.statista.com/grafico/21899/distribucion-de-la-produccion-mundial-de-plastico-por-region-en-2018/>



## ANEXOS

### Anexo 1 Rollos extruidos



Fuente: DKPLAST S.A.  
Elaborado por: El Autor

### Anexo 2 Polietileno de alta densidad



Fuente: DKPLAST S.A.  
Elaborado por: El Autor



### **Anexo 5 Polietileno reprocesado**



**Fuente:** DKPLAST S.A.  
**Elaborado por:** El Autor

### **Anexo 6 Bobinado de los rollos**



**Fuente:** DKPLAST S.A.  
**Elaborado por:** El Autor

**Anexo 7 Registro de desperdicios por día**

DETALLE	COLORES	NEGRO	AZUL	TRANSPARENTE	VERDE	BLANCO IMPRESA	BLANCO	CANTIDAD KG
ALTA DENSIDAD								
BAJA DENSIDAD								
	<b>TOTAL KILOS</b>							

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**CI:** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**PLACA:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ **FABRICA**

Fuente: *DKPLAST S.A.*

Elaborado por: *El Autor*



Anexo 9 Carta de conformidad por parte de la empresa



Quito 15 de marzo de 2022

Señores:

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

Presente. –

De mi consideración:

ANDREI KATZ NUSBAUM, portador de la cédula de ciudadanía N°1704485273, en mi calidad de Gerente General de la empresa “**DKPLAST S.A.**” de la Provincia de PICHINCHA, Cantón Quito sector Carcelén, Manifiesto mi **CONFORMIDAD** con el trabajo realizado en nuestra empresa por el Sr. **ANTHONY RENÉ ANGO VENEGAS**, portador de la cédula de ciudadanía N°1500950884, en su calidad de estudiante de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**, con el Proyecto Técnico: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD EN LAS ETAPAS DE DEGRADACIÓN Y REUTILIZACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA DKPLAST S.A.”; le auguramos éxitos en su vida profesional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente

ANDREI KATZ NUSBAUM  
C.I: 1704485273  
GERENTE GENERAL  
DKPLAST S.A.

**DKPLAST S.A.**