

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL  
PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO**



**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO  
EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO”**

Realizado por:

**MARILYN ESTEFANY SANCHEZ ZAMBRANO**

Director del proyecto:

**PhD Katty Verónica Coral Carrillo**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

Quito, 17 de julio de 2023

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL  
PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO**

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL  
PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO**

**DECLARATORIA JURAMENTADA**

Yo, MARILYN ESTEFANY SANCHEZ ZAMBRANO, con cédula de identidad #1751046408 declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo.

A handwritten signature in black ink, consisting of the initials 'S/Z' and a stylized flourish, enclosed within an oval shape.

**FIRMA**

**1751046408**

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL  
PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO**

**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO  
EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO”**

Realizado por:

**MARILYN ESTEFANY SANCHEZ ZAMBRANO**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

ha sido dirigido por el profesor

**KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



**KATTY CORAL CARRILLO**

**CI 1709054058**

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL  
PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO**

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**PhD. MIGUEL MARTÍNEZ FRESNEDA**

**PhD JESUS LÓPEZ VILLADA**

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



**FIRMA**



**FIRMA**

Quito, 17 de julio 2023

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL  
PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO**

El presente Trabajo de Fin de Carrera ha sido realizado dentro del Programa de  
Investigación de la Universidad Internacional SEK denominado:

**Energías, Ambiente y Biotecnología**

Perteneciente a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas

# **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

## **DEDICATORIA**

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres que me apoyaron y contuvieron en los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

También quiero dedicarle este trabajo a mi hija Martina. Por tu paciencia, por tu comprensión, por tu empeño, por tu fuerza, por tu amor, porque te quiero. Debo pedirle perdón porque ha sufrido el impacto directo de las consecuencias del trabajo realizado. Realmente, ella me ayuda a alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial. Nunca dejaré de estar agradecida por esto.

Su nacimiento, ya sea por casualidad o causalidad, ha coincidido con la finalización de esta tesis. Sin duda ella es lo mejor que me ha pasado, y ha llegado en el momento justo para darme el último empujón que me faltaba para terminar el proyecto.

# **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tutor

PhD Katty Coral. Sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Sus consejos fueron siempre útiles cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy he logrado. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que la caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones

A los docentes

Sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Su semilla de conocimientos, germinó en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

A mis padres

Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amados padres, como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

Gracias por ser quienes son y por creer en mí

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL  
PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO**

**Para someter a:**

**To be submitted:**

**“RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO  
EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO”**

<sup>1</sup>Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas

Quito, Ecuador 17. julio 2023

**\*AUTOR DE CORRESPONDENCIA:**

PhD Katty Coral-Carrillo

Universidad Internacional SEK,

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas

Quito, Ecuador.

Teléfono: 23974800 ; email: katty.coral@uisek.edu.ec

# **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

## **RESUMEN**

Los desperdicios de plásticos de tipo PEAD (Polietileno de Alta Densidad), se reciclan en cantidades bajas dentro del Distrito Metropolitano de Quito es por eso que por medio del proceso de reciclaje utilizando el proceso de inyección, se busca su aprovechamiento para obtener como producto final gavetas plásticas, y así conseguir la disminución de volumen de la cantidad de residuos que tiene como disposición final el relleno sanitario “El Inga”, todo esto por medio de la empresa ReFiplast, donde se obtuvieron datos de siete meses de producción diaria en kilogramos de dicho material para reciclaje, que previamente paso por un proceso de preparación y molienda, para finalmente pasar a la máquina de inyección y tomar la forma del molde.

Durante los primeros meses la cantidad de kg procesados no fue la más alta, debido a que la máquina se encontraba en proceso de adaptación y verificación de parámetros (ciclo para el proceso), con los datos de los meses siguiente se realizó el cálculo del volumen de desperdicios ahorrados en el relleno sanitario “EL INGA”, siendo  $203.53 \text{ m}^3$  (1% del total de residuos del DMQ). Hay que destacar que el 1% ahorrado solo representa el PEAD que no ocupo un lugar en volumen en el cubeto. A pesar de la alta inversión que requiere este proceso, la tasa de producción es alta y esta podría subir si sus piezas son de menor tamaño. Al realizar el cálculo para saber el periodo de tiempo en el que se recuperará la inversión fue de siete meses.

Este trabajo demuestra la funcionalidad del proceso de inyección para obtener gavetas a partir de polietileno de alta densidad reciclado.

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL  
PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU  
APROVECHAMIENTO**

**Palabras claves:** Polietileno de alta densidad, proceso de inyección, plástico, plástico duro, PEAD, reciclaje.

# **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

## **ABSTRACT**

Plastic waste of the HDPE type (High-Density Polyethylene) is recycled in low quantities within the Metropolitan District of Quito, which is why through the High-Density Polyethylene recycling process using the injection process, its use is sought to obtain plastic drawers as a final product, to achieve and thus reduce the volume of the amount of waste that the Inga landfill has as its final disposal, all this through the company ReFiplast. The same data from seven months of daily production in kilograms of said material for recycling was obtained, which previously went through a process of preparation and grinding to finally pass to the injection machine and take the shape of the mold.

The data was obtained that during the first months, the amount of kg processed was not the highest because the machine was in the process of adaptation and verification of parameters (cycle for the process), with the data of the following months during In the coming months, the calculation of the disposal volume saved in the sanitary landfill "EL INGA" was made, being 203.53 m<sup>3</sup> (1% of the total waste from the DMQ). It should be noted that the 1% saved only represents the PEAD that did not occupy a place in volume in the bucket. Despite this process's high investment, the production rate is high, which could increase if the pieces are smaller than now. Performing the calculation to know the period in which the investment was seven months and 21 days.

This work demonstrates the functionality of the injection process to obtain drawers from recycled high-density polyethylene.

### **Keywords:**

High-density polyethylene, injection process, plastic, hard plastic, HDPE, recycling.

# **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los plásticos desde hace varias épocas han representado un problema debido a su corto tiempo de uso, tal es el caso de los denominados “plásticos de un solo uso”, el mundo vive en constante contacto con plásticos de diferentes tipos y formas en los hogares como envases de shampoo, yogurt, envases de desinfectantes, juguetes etc.; en los trabajos como canecas, gavetas, cascos, entre otros. El que este tipo de residuos no tenga una economía circular provoca que muchos de ellos tengan como disposición final los rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto, sin que estos hayan concluido su tiempo de vida.

Los efectos negativos que tienen los plásticos, incluyen el taponamiento de alcantarillas, causando enfermedades y provocando la multiplicación de mosquitos. Si estos plásticos pasan por el proceso de combustión, se emanan gases y partículas tóxicas a la atmósfera. Por otra parte, en el proceso de descomposición de los plásticos que dura miles de años, estos pasan a ser micro plásticos que se filtran en el agua, suelo y ecosistemas y así con el tiempo en el organismo humano (Ministerio Federal de Medio Ambiente, 2021).

Una de las formas de aprovechar los plásticos de un solo uso, es reciclándolos para fabricar nuevos productos de utilidad para la sociedad, para ello se ha planteado en este trabajo, el reciclaje por inyección de plásticos de alta densidad, esto disminuirá la disposición final en rellenos sanitarios, su espacio y consecuentemente alargando su vida útil. Como consecuencias de la pandemia de COVID-19 surgió con más fuerza el tema del uso de plásticos de un solo uso, para evitar el contagio, pero esto ha ocasionado una elevada cantidad de residuos que son desechados de manera incorrecta. Aun así, ya para el 2019, se tiraron 130 millones de toneladas de plástico de un solo uso.

## **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

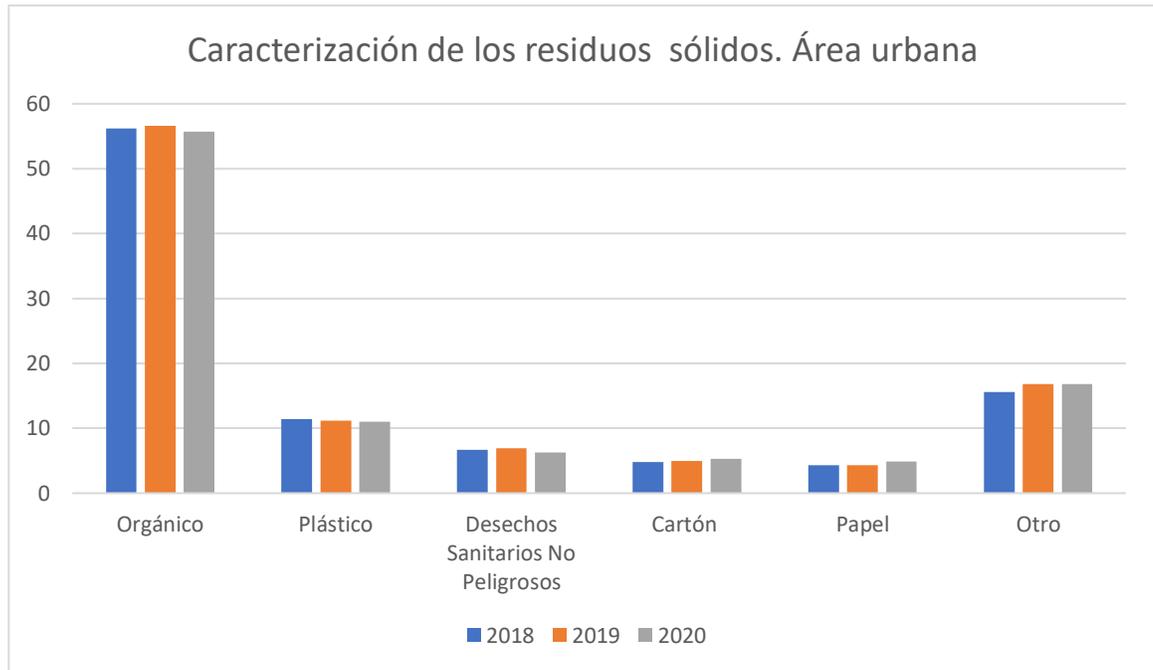
Según (OCDE, 2022) Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico *“El consumo de plástico se cuadruplicó en los últimos 30 años, impulsado por el crecimiento de los mercados emergentes. El plástico representa el 3.4% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, esto al no llevar a cabo un proceso de reciclaje. Solo el 9% de los residuos plásticos se recicla. Otro 19% se incinera, el 50% se usa como relleno sanitario y el 22% elude los sistemas de gestión de residuos y va a parar a rellenos sanitarios no controlados, se quema en fosas abiertas o acaba en entornos terrestres o acuáticos, especialmente en los países más pobres y que no cuentan con sistemas de gestión para el tratamiento de residuos”.*

Según (INEC, AME, & BDE, INEC, 2020), cada ecuatoriano en el sector urbano produce 0.83 kg residuos/día. Por otro parte durante el 2020 fueron recolectados 3.612 toneladas diarias de residuos donde 1.794 ton/día (85.6%) se recolectaron de manera no diferenciada, mientras que 1.818 ton/día (14.4%) de manera diferenciada.

Dentro del Distrito Metropolitano de Quito existe el Relleno Sanitario “El Inga” que tuvo su inauguración en el 2003, donde se efectúa la disposición final de residuos, actualmente en un cubeto con una capacidad de 1’450.000 m<sup>3</sup> (EMGIRS, 2018) (EMGIRS, 2020).

Dentro de la zona urbana la caracterización de residuos que se generan en el DMQ son: 56% de tipo orgánico y 44 % de tipo inorgánico dentro de este último el 11% es plástico, mientras que el 6.3% son desechos sanitarios no peligrosos (INEC, AME, & BDE, INEC, 2020).

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**



*Figura 1* Caracterización de los residuos sólidos. Área urbana  
(INEC, AME, & BDE, INEC, 2020)

*Tabla 1* Residuos Plásticos por regiones

Residuos Plásticos por regiones		
Región	Suave	Rígido
Costa	4,17%	6,94%
Sierra	6,44%	5,26%
Amazonia	5,51%	5,59%
Insular	4,75%	7,36%
Nacional	5,63%	5,8%

(Moran, 2020).

La gran parte de estos plásticos se los produce a partir de un líquido oleoso (petróleo) que cada vez es más escaso y sus precios son altos, por lo cual es importante que se logren

## **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

proyectos para su recuperación y reciclaje puesto que provocan altos índices de contaminación al ambiente y su reciclaje genera un valor económico (Hachi Quintana & Rodríguez Mejía , 2010).

En el planeta se venden diariamente alrededor de 88 millones de barriles de petróleo, cada barril tiene una capacidad de 135 kg (Núñez, 2013). De un barril de petróleo se pueden obtener los siguientes derivados: 45% gasolina (Botes, Yates, Automóviles, Motocicletas y herramientas a motor), 2% Combustible Residual (Barcos a Vapor, generación de electricidad y plantas de energía), 25% Diésel (Maquinaria agrícola, transporte pesado, calefacción), 9% Queroseno y combustible para aviación (Estufas, Lámparas y aeronaves) 4% Líquidos de gas de hidrocarburos (Pinturas, Solventes, detergentes, Caucho y Plásticos), 13% otros productos (Asfalto, Llantas, Cosméticos, Ceras) (EIA, 2020).

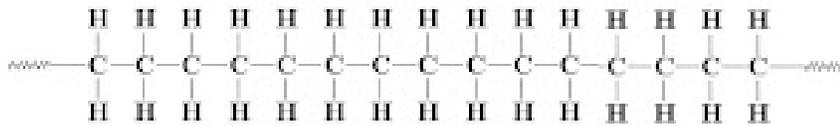
En el mercado se pueden encontrar distintos tipos de materiales plásticos entre ellos: polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, polipropileno y poli estireno. Para el reciclaje de estos materiales se usa el método de inyección, proceso con alta productividad, rápido y con mínimo uso de mano de obra (Ibarra Alonso, 2008).

En el Ecuador se recicla con mayor fuerza el plástico de tipo PET (Tereftalato de polietileno) que son los envases de aguas y gaseosas, esto por la resolución que establece un impuesto redimible para las botellas de este tipo de material plástico, emitida durante el 2016, donde la tarifa seria de 0,30 \$/kg, cabe recalcar que esta resolución estaría vigente hasta diciembre de 2022. Lo que ha generado un desplome del precio para este tipo de plástico y por consecuente bajas cifras de su reciclaje (Naranjo, Naranjo, Martínez, & Subía, 2022).

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

## 1.1. Polietileno

El polietileno de alta densidad es un polímero que está compuesto por la unión de varios monómeros. El polietileno sintético termoplástico es obtenido a partir de la polimerización del etileno. Según (Girón, 2005) es un material parcialmente cristalino y parcialmente amorfo, de color blanquecino y translucido (Franquet , 2005)



*Figura 2 Formulación del hidrocarburo (Girón, 2005).*

## 1.2. Clasificación

Según (Girón, 2005) se clasifica en dos tipos esto de acuerdo a su densidad lo que nos indica el tipo de estructura que tienen y con mayor densidad mayores propiedades mecánicas.

- Polietileno de baja densidad
- Polietileno de alta densidad

## 1.3. Polietileno de baja densidad

Según (Murcia, y otros, 2021) es obtenido a partir del proceso de polimerización de etileno que empieza a partir de radicales libres, siendo este el único proceso para ser obtenido, además cuenta con varias ramificaciones lo que hace que tenga una baja densidad entre 0,91 y 0,94 g/mL.

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

## 1.4. Polietileno de alta densidad

Según (Girón, 2005) “*es un polímero con estructura lineal, de muy pocas ramificaciones. Este se lo obtiene por un proceso de polimerización del etileno con condiciones de presión bajas usando catalizadores Ziegler-Natta o proceso de Phillips, este último para lograr obtener Polietileno de ultra masa molecular.*”

Dentro de las aplicaciones del HDPE se tiene el proceso de inyección para fabricar embalajes, así como el proceso de extrusión para la obtención de láminas, films, tuberías, etc (Bilurbina & Liesa, 1990) .

## 1.5. Características

Este polímero presenta resistencia química, fácil moldeo, impermeabilidad, material 100% reciclable, resistencia térmica y dureza mucho más alta que la del polietileno de baja densidad. los productos fabricados a partir de HDPE se los identifica según el SPI (*Society of the Plastics Industry*) y con un símbolo (Franquet , 2005).



*Figura 3 Etiqueta para productos*

Tomado de (Franquet , 2005).

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

*Tabla 2 Características Polietileno de Alta densidad*

Propiedades	Unidades	Valor
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0.95
Resistencia a los productos químicos		Alta resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes.
Estabilidad química		Excelente
Modulo elástico E	(N/mm <sup>2</sup> )	1000
Temperatura máxima permisible	°C	100
Temperatura de reblandecimiento	°C	140
Estrés a ruptura	N/mm <sup>2</sup>	20 – 30
Temperatura de fusión	°C	129
Temperatura de cristalización	°C	113
Grado de cristalinidad	%	59.35

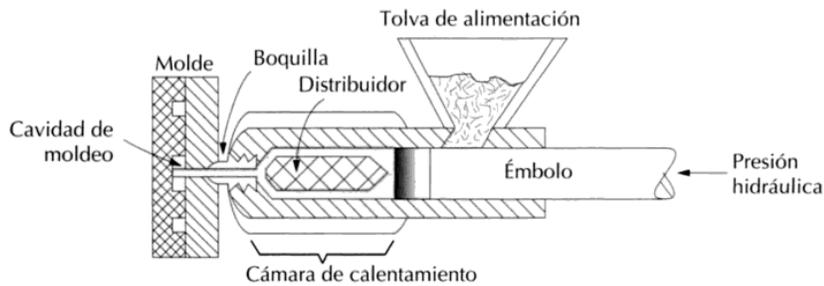
Tomado de (Cardenas, Rojas, & Gálviz, 2019)

### 1.6. Operaciones de aprovechamiento de plásticos de alta densidad

#### a) Moldeo por inyección

El proceso de operaciones unitarias por inyección es utilizado comúnmente para materiales termoplásticos (Callister, 2007).

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO



*Figura 4* Máquina utilizada para el proceso de inyección

Tomado de (Callister, 2007).

Según (Callister, 2007) como se muestra en la figura 4, el material HDPE se lo coloca en la tolva de alimentación y este a su vez es transportado al cilindro por el movimiento que genera el embolo, posteriormente es llevado al interior de la cámara de calentamiento donde el material termoplástico se funde y se logra un material de tipo líquido viscoso. El líquido viscoso es impulsado por medio del movimiento del émbolo a través de la boquilla para que entre en las cavidades que tiene el molde, este se tiene que mantener a presión hasta que el material vuelva a su estado inicial (sólido). Para finalizar el proceso se abre el molde, se retira la pieza, el molde se vuelve a cerrar y se puede volver a repetir el ciclo.

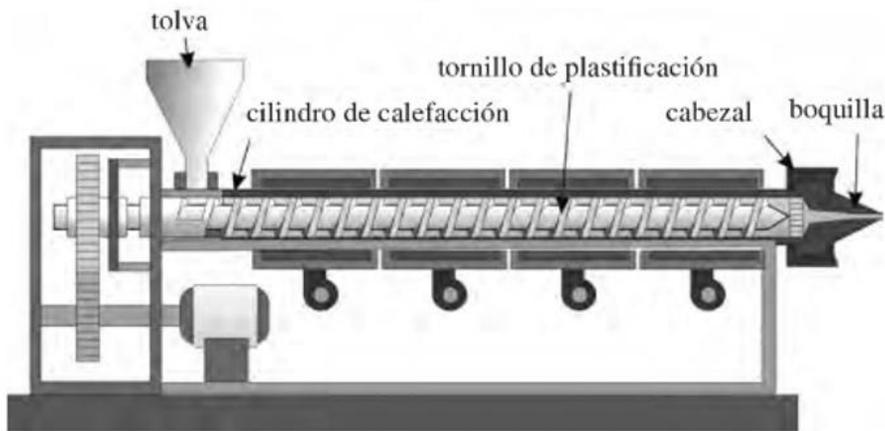
Una de las características por las que se usa con mayor frecuencia este método es su velocidad de producción, la solidificación del material inyectado en el molde es inmediata, además que los ciclos son relativamente cortos. (Callister, 2007).

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

Para la máquina se debe contar con una cámara de transformación de 150 kW, además de una torre de enfriamiento para el agua que recircula a la máquina.

## b) Moldeo por extrusión

Este proceso, al igual que el de inyección, es uno de los más importantes para la transformación de los plásticos es así que se pueden obtener: láminas, mangueras, tubería, entre otros.



*Figura 5 Máquina convencional de extrusión con husillo*

Tomado de (Rico, Beltrán Rico, & Marcilla Gomis , 2012).

El proceso de extrusión consiste en que la resina granulada o el material previamente preparado es introducido en la tolva, el material es transportado por el motor hacia el tornillo que calienta el material y lo funde hasta transportarlo a un dado donde le dará la forma deseada. Para este proceso se debe tener un extrusor que contiene un husillo ya que el mismo da giros dentro del barril, logra fundir y bombear la materia prima a una temperatura y velocidad específicas para su correcta operación (Chavero, 2007).

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

*1.6.1. Semejanzas y diferencias*

*Tabla 3 Comparación entre el método de inyección y extrusión*

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Inyección	El producto final es obtenido en una sola etapa	Líneas o manchas en la superficie del producto obtenido
	No se necesita ningún otro proceso, posterior al salir la pieza del proceso de inyección	Si existe un llenado muy lento o muy rápido del polietileno la pieza sale con desperfectos
	Proceso automatizado	Costos de inversión iniciales altos
	Producto final de alta calidad	
Extrusión	En caliente se puede realizar varias formas	Limitación en la geometría de la sección transversal ya que debe ser la misma a lo largo de la pieza
	No se generan gran cantidad de desperdicios	

(Ibarra, 2008).

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

Estos dos procesos pueden parecer ser iguales, pero por una parte el proceso de inyección no usa boquillas o dados, sino que usa moldes. Además, cabe recalcar que en el proceso de inyección no existen pérdidas de materia prima, puesto que si el producto final sale defectuoso este vuelve a pasar por el proceso de molienda y nuevamente al de inyección.

En el Ecuador existen varias empresas que realizan el proceso de reciclaje de diferentes materiales de tipo plástico entre ellas:

*Tabla 4 Empresas en Ecuador que realizan el proceso de reciclaje y procesamiento de materiales plásticos*

Ecuaplastic	Es una empresa líder en la creación de productos a partir de materias primas recicladas	Productos: Tubería de polietileno flexible en varios diámetros Cubiertas y tableros ecológicos madera 100% ecológica hecha a base de polipropileno reciclado hilo ecológico hecho a base de poli aluminio en varios espesores y modelos (Ecuaplastic, 2023)
Nutec	Es una empresa con 30 años de experiencia en suministro de materias primas plásticas planta de reciclaje plástico	Productos: Polietileno- aplicaciones:

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

	técnico, que ayudara a reintegrar 2 400 toneladas de desperdicio anual nuevamente a la cadena de productiva, impulsores de la economía circular desde 2019	Mangueras corrugadas, bases para camas.  Polipropileno- aplicaciones: cabos, cintas, zunchos, cajetines, piezas eléctricas (Nutec, 2023).
RTreciclart S.A	Empresa que procesa los materiales reciclados y asi transformarlos en un nuevo producto, contribuyendo a la economía circular.	Polielileno de baja densidad para transformar en fundas recicladas. (S.A, 2022).

El presente estudio tuvo como objetivo general el reciclar polietileno de alta densidad (PEAD) utilizando la operación unitaria de inyección para su aprovechamiento. Para alcanzar este objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Reducir la contaminación ambiental que se genera por desechos plásticos de alta densidad que no son reciclados adecuadamente
- Aumentar el ciclo de vida del PEAD, aplicando la economía circular.
- Realizar una valoración económica que nos permitirán conocer si es mejor el uso de Materia prima virgen o material reciclado PEAD.

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

- Calcular la cantidad en volumen y densidad de material PEAD reciclado que no tendrá como disposición final el relleno sanitario

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Sitio de estudio

Carapungo que forma parte de la parroquia de Calderón ubicada en la parte norte urbana del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito) con una gran variedad de comercios que van desde pequeños locales comerciales y por ende una gran cantidad de desperdicios orgánicos e inorgánicos por lo que es el principal sector de recolección de materiales HDPE.

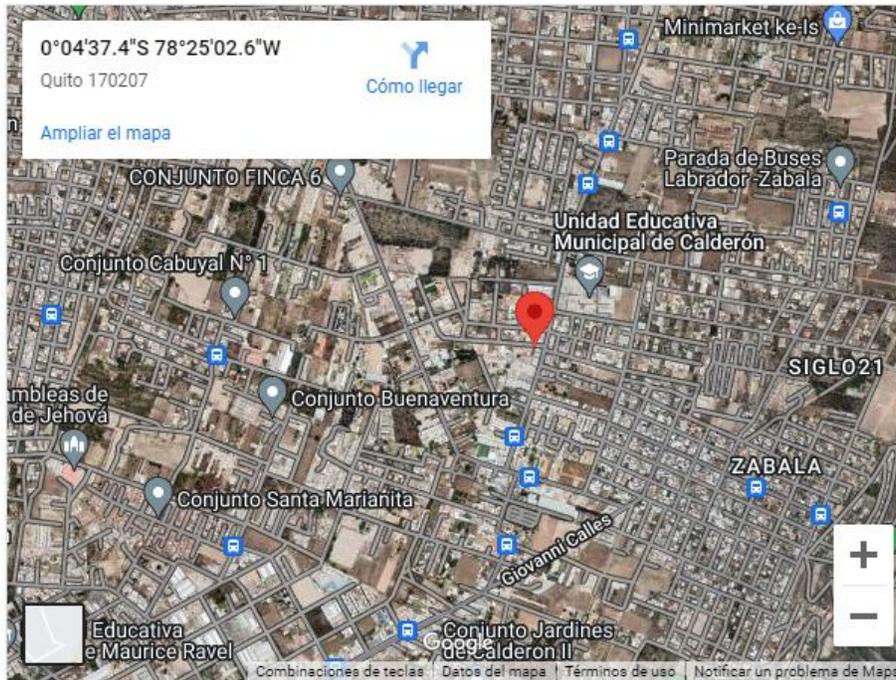


Figura 6 Ubicación de empresa REFIPLAST (Sánchez, Google earth , 2023).

# **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

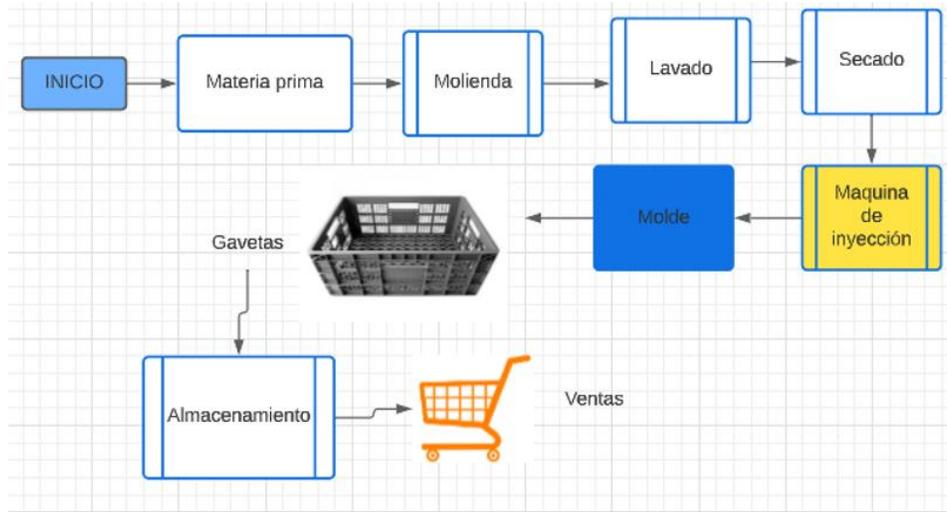
## **2.2.Recolección de material HDPE**

Este estudio se realizó durante un siete meses en la empresa REFIPLAST, que cuenta con una planta de procesamiento de polietileno de alta densidad para la obtención de gavetas en el sector de Carapungo, la empresa realiza el proceso de recolección, tratamiento y procesamiento de varios tipos de materiales entre ellos: polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, PVC, polipropileno entre otros, para la transformación y obtención final de diferentes productos que pasan por el proceso de inyección ya sean piezas de tamaños muy pequeños hasta objetos grandes como gavetas de distintos tamaños, según las exigencias del cliente. La empresa cuenta con El Registro Ambiental emitido con el No. MAE-SUIA-RA-DPAPCH-2017-240854, que faculta la ejecución del proyecto/ actividad, cumpliendo la normativa ambiental aplicable, y sujeta a supervisión de la autoridad ambiental competente.

La investigación se realizó en la empresa REFIPLAST utilizando la máquina facilitada por la empresa.

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

## 3. METODOLOGÍA



*Figura 7 Diagrama del proceso de reciclaje de polietileno de alta densidad*

(Sánchez, 2023).

El proceso de reciclaje de plástico de alta densidad empieza con la recepción y recolección de materia prima en una bodega destinada para tal efecto, propia de la empresa. En esta bodega se almacena el plástico de alta densidad que es adquirido por REFIPLAST, a diferentes industrias que contratan los servicios de este gestor. Este material es llevado a la fábrica a un proceso de separación, lavado y posteriormente al proceso de molienda, al salir de dicho proceso tiene que pasar a un secado, cabe mencionar que el material antes de entrar a la máquina de inyección debe estar completamente seco para evitar manchas en el producto final. Al entrar a la máquina de inyección, el plástico se funde a 190°C conjuntamente con el pigmento elegido, para posteriormente pasar al molde (con forma de gaveta) donde adopta la forma establecida. Este producto final reciclado es almacenado por colores para su posterior venta.

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

Para el proceso de reciclaje por el método de inyección este trabajo plantea el cálculo de volumen y densidad del plástico procesado, con lo que se calculó el volumen de espacio ahorrado en el Relleno Sanitario “El Inga”. Adicionalmente se realizó la valoración económica con datos de costos para el transporte y disposición final de los residuos en el Distrito Metropolitano de Quito, y costo que implica la extracción del barril de petróleo.

$$m_{total\ aprovechada} = m_{gaveta} * \text{número de gavetas producidas mensual}$$

$$V_g = L * A * e$$

(Molina, Fuentes Gil, García Ascárate, García Dozagarat, & Gutiérrez Vázquez , 1997)

$$\delta_g \frac{m_g}{V_g}$$

(Molina, Fuentes Gil, García Ascárate, García Dozagarat, & Gutiérrez Vázquez , 1997)

$$V_{ahorrado\ en\ el\ relleno} = V_g * total\ gavetas$$

Tiempo en que se recupera la inversión

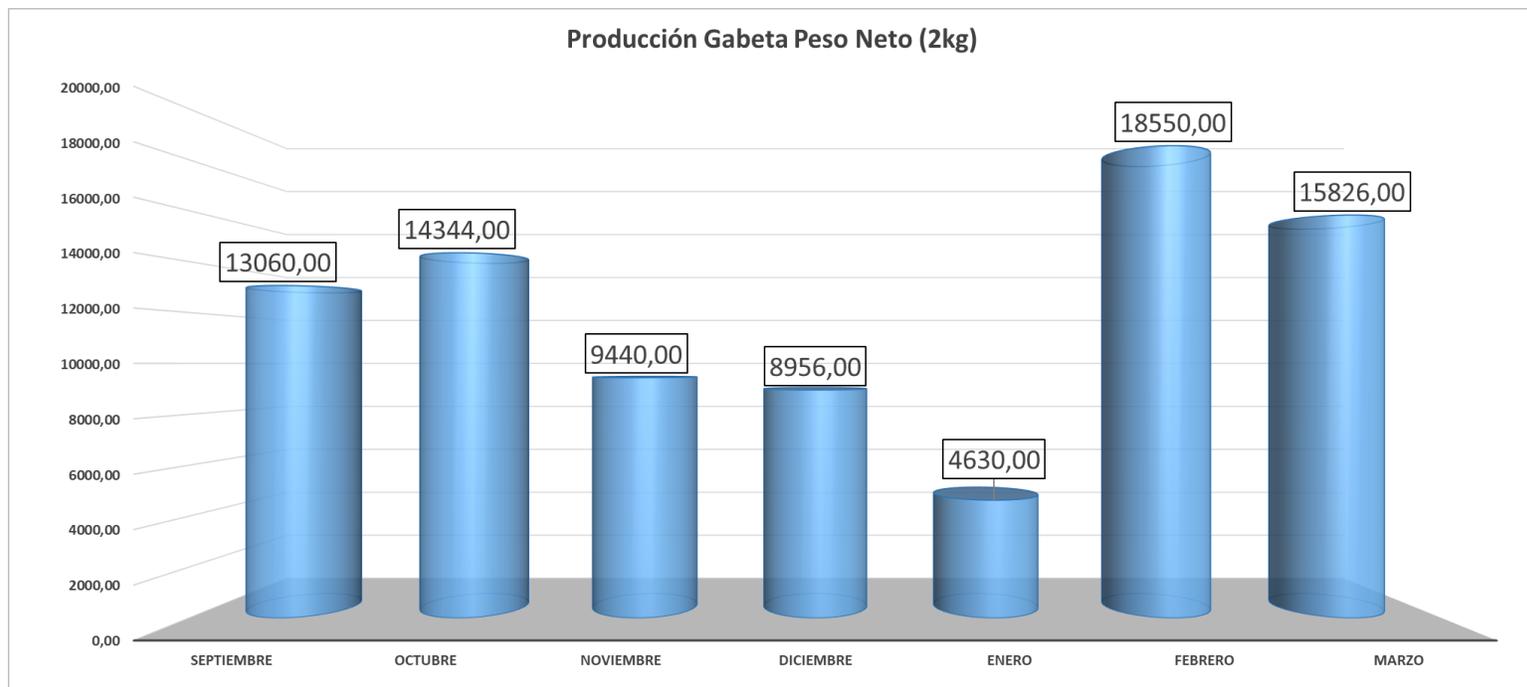
$$\begin{aligned} & \text{suma acumulada de cada mes} - \text{inversion inicial de cada mes} \\ & = \text{inversion recuperada} \end{aligned}$$

(Sánchez, 2023).

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

## 4. RESULTADOS

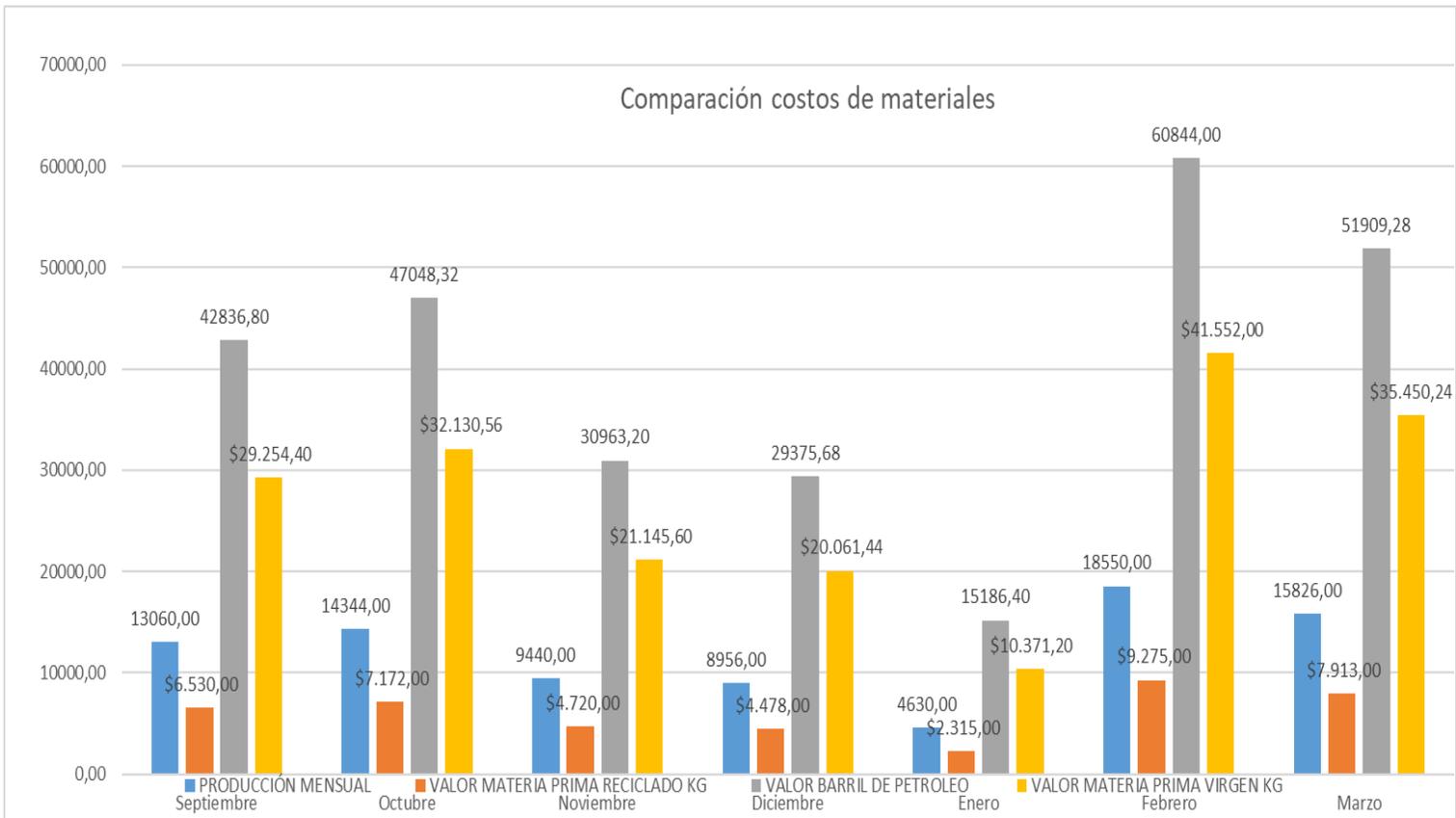
En la imagen se representa los kilogramos de material reciclado procesados durante los 7 meses de duración del presente trabajo.



*Figura 8 producción de gavetas cada mes en kg (Sánchez, 2023).*

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

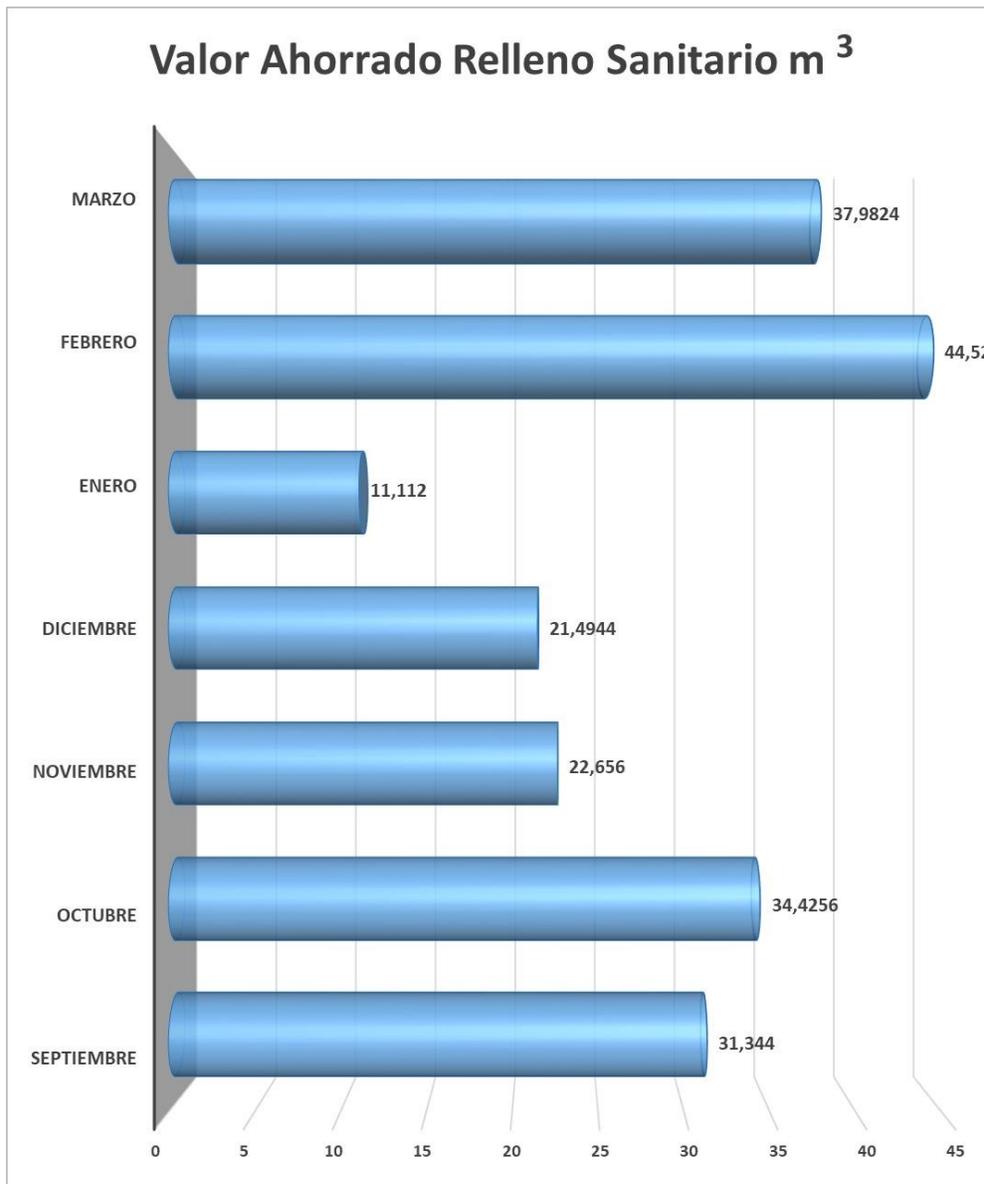
En la figura 9, de color azul se expresan los kg de producción mensual, de color anaranjado se encuentra la producción mensual multiplicada por el costo del material reciclado (0,50\$/kg), mientras que de color gris se expresa la producción mensual multiplicada por el valor del barril de petróleo usado para producir plásticos (3.28\$), finalmente de color amarillo se representa la producción mensual multiplicada por el valor de la materia prima virgen (2.24\$/kg).



**Figura 9** Comparación de costos vs producción mensual (Sánchez, 2023)

En la imagen se observa el volumen expresado en m<sup>3</sup> ahorrado en el relleno sanitario “El Inga” durante los siete meses de duración del proyecto.

**RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**



*Figura 10* valor en m<sup>3</sup> de ahorro en relleno sanitario (Sánchez, 2023)

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

Volumen procesado durante los meses de producción en comparación con la capacidad de almacenamiento que tiene un cubeto, se obtiene un ahorro de 203,53 m<sup>3</sup>.

A continuación se muestra el cálculo y los resultados del volumen de no ocupación del relleno sanitario, de material reciclado expresados en m<sup>3</sup>.

$$\frac{\text{suma de los 7 meses de Volumen en m}^3 * 100}{\text{capacidad 1 cubeto}}$$

### Capacidad de Almacenamiento Cubetos Relleno Sanitario

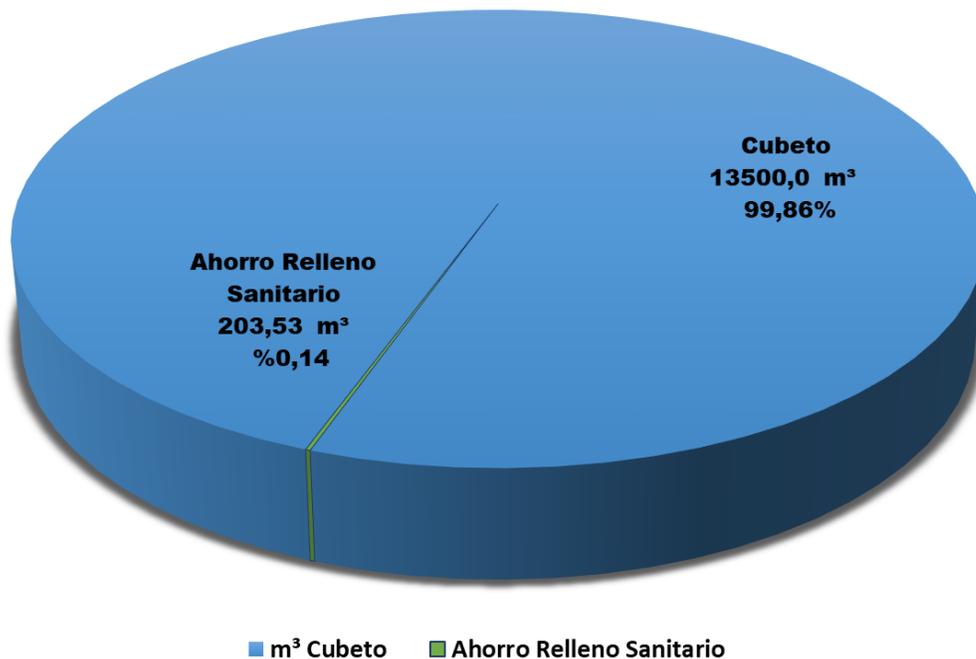


Figura 11 Valor ahorrado en relleno sanitario (Sánchez, 2023)

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

Calculo para obtener el tiempo de retorno de la inversión inicial para el proyecto de reciclaje de PEAD el cual es siete meses y 21 días, esto realizando el cálculo de la suma acumulada de cada mes y posteriormente restar dicho valor para la inversión en cada mes.

*Tabla 5 mes de recuperación de inversión*

<b>MES DE RECUPERACIÓN INVERSIÓN</b>				
<b>MES</b>	<b>Production Gavetas peso neto (2kg)</b>	<b>FLUJO</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>PENDIENTE DE RECUPERAR</b>
0	0	-140600,000		-140600,000
1	Septiembre	22855	22855	-117745,000
2	Octubre	25102	47957	-92643,000
4	Noviembre	16520	64477	-76123,000
5	Diciembre	15673	80150	-60450,000
6	Enero	8102,5	88252,5	-52347,500
7	Febrero	32462,5	120715	-19885,000
8	Marzo	27695,5	148410,5	7810,500
		148410,5		
PR=		7,717986677	MESES	
MESES		7	MESES	
DÍAS		21,5396003	DÍAS	

(Sánchez, 2023)

*suma acumulada de cada mes – inversion inicial de cada mes*

*= inversion recuperada*

# **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

## **5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

A partir de los hallazgos encontrados, se acepta la hipótesis planteada al inicio del proyecto que establece la construcción de gavetas plásticas a partir de PEAD reciclado por medio del proceso de inyección con las mismas características que las de a partir de materia prima virgen.

Estos resultados guardan relación con lo que concluyen (Rodríguez Bruceta, Pérez Rodríguez, & Velázquez Infante, 2014) en la que realizaron un análisis de propiedades con PEAD-V y polietileno reciclado por peletizado en el que la densidad no presenta cambios mientras que el índice de fluidez mejora la resistencia de este tipo de materiales en el proceso de fundido y así evitar deformaciones en piezas finales, por lo que si se somete un material de tipo reciclado a un proceso de inyección el mismo no se verá afectado en sus propiedades.

Por otra parte (Pereira Piñares, 2003) en su procesamiento de PEAD-R reforzado con lignocelulosa menciona que por el método de extrusión el material final presenta bordes agrietados, deformaciones y ondulaciones, lo que no ocurre por el proceso de inyección, cabe recalcar que el proceso de extrusión tiene por objeto realizar material de tipo laminas, mientras que el de inyección se lo usa para diferentes formas dependiendo del molde.

(Marcos Sánchez, 2019) en el reciclaje de polietileno para fabricación de fibras para hormigón (propiedades mecánicas) menciona que las fibras que se obtuvieron mediante el proceso de inyección no se ven afectadas de forma mecánica y el hecho de que tenga una superficie rugosa permite su adherencia al hormigón, alta resistencia, lo que permite tener mayor fiabilidad de que mediante el proceso de inyección se pueden no solo obtener gavetas,

## **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

sino que muchos más productos, siendo únicamente cuestión de obtener el molde deseado, además que las propiedades mecánicas no se ven afectadas al momento de reciclar PEAD.

Según (Cardenas, Rojas, & Gálviz, 2019) en su estudio acerca de los cambios en la estructura química del polietileno de alta densidad al experimentar múltiples reprocesamientos, ya que este tipo de operaciones consiste en volver a reincorporar este tipo de material procesado en el ciclo de vida sea este por inyección o extrusión, por medio de estos procesos este material puede sufrir cambios en sus estructura física y química esto debido a la temperatura, estrés mecánico, y oxidación a los que es expuesto. Al final del estudio se obtuvo como resultados que no existió ningún tipo de degradación de los polímeros procesados tanto por inyección como por extrusión.

Finalmente (Tivan Caiza, 2019) en su proyecto de reciclaje de desechos sólidos en la ciudad de Quito menciona que “De 2000 ton/día que se recolectan solo se aprovechan 4%” esto debido a limitaciones tecnológicas, de inversión y conocimiento de que tipo de materiales tienen valor económico para ser reciclados, por lo que en relación con los datos obtenidos en el reciclaje de PEAD se reducirá un 1% mas solo de PEAD 203.53 m<sup>3</sup> de ahorro en el relleno sanitario “El Inga” durante siete meses.

### **6. CONCLUSIONES**

A pesar de la alta inversión que requiere el proceso de inyección, la tasa de producción es alta y esta podría aumentar si sus piezas son de menor tamaño, para ello se realizó el cálculo de retorno de inversión en el que se obtuvo como resultado siete meses y 21 días.

## **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

Para el reciclaje de PEAD en el proceso de inyección se obtienen varios beneficios como la economía circular el cual se logró reincorporar el PEAD reciclado en forma de gaveta, evitar la explotación de petróleo para materia prima, conservar el ambiente es decir reducir las cifras de desperdicios que van a los rellenos sanitarios.

El proceso de inyección requiere de una alta inversión, pero esto no quiere decir que no se obtengan beneficios de dicho proceso, lo cuales son mínimo requerimiento de mano de obra, proceso rápido (60 segundos ciclo), solidificación inmediata de material en el molde, no existen pérdidas de masa, rápida recuperación de inversión (siete meses en el caso del proyecto de reciclaje de PEAD con polietileno de alta densidad).

A partir del proyecto se pueden plantear programas de reciclaje (educación ambiental) en escuelas, barrios, etc., y así generar un valor económico que posteriormente se lo podrá invertir en mejoras para dichos lugares.

Se obtuvo una reducción de desechos que tiene como disposición final el relleno sanitario “El Inga” de 203.53 m<sup>3</sup> en siete meses lo que nos hace concluir que es un proceso factible no solo para fabricar gavetas sino otro tipo de productos.

El área de reciclaje tiene mucho potencial para ser aprovechado tanto a nivel ambiental como económico debido a la gran cantidad de residuos que se generan y la extensa lista de materiales (PEAD alta densidad, PEAD bajo densidad, polipropileno, PET, PVC) y así la variedad de procesos de transformación, para lo cual se necesita tanto apoyo del gobierno como la empresa privada, para así obtener un crecimiento económico del país.

## **RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO**

Tanto el proceso de inyección como el de extrusión presentan semejanzas, en su principio de funcionamiento, la diferencia por una parte en el proceso de inyección es el uso de un molde para obtener el producto final, en el proceso de extrusión se usa usillos o dados para obtener laminas o manguera.

### **7. RECOMENDACIONES**

- Para que el producto final (gavetas) sea de buen aspecto y calidad el material que entrara a la máquina de inyección debe no solo estar caliente, sino que libre de toda humedad.
- El tener un adecuado tiempo de ciclo en el proceso de inyección implica ahorro en costos, y buena calidad del producto.
- Una mayor información acerca de todos los materiales que se pueden reciclar y las empresas que lo hacen permitiría cantidades mayores de reciclaje de plásticos de todo tipo.
- Cabe destacar que la inversión para un proyecto de este tipo es bastante alta, al igual que las ganancias y los efectos positivos sobre el ambiente por lo que el apoyo económico por parte del gobierno juega un papel muy importante.
- Para que exista un trabajo óptimo de la máquina de inyección se debe tener un stock de una ton/día ya que apagar la máquina y volver a encenderla implicaría un consumo mayor de energía que mantenerla en funcionamiento constantemente.
- Debido a la producción en masa de un solo tipo de producto el mercado se satura del mismo por lo que se sugiere una constante inversión en nuevos moldes.

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

- Se necesita de un operador que esté totalmente capacitado para el manejo de este tipo de maquinaria, debido a su complejidad en cuanto a sistemas de ciclos, temperatura, presión, y las partes mecánicas de la máquina.
- Para tener una recolección mucho mayor de este tipo de materiales se podría trabajar con programas de educación ambiental en escuelas, colegios y universidades.

### 8. Bibliografía

- Bilurbina , L., & Liesa, F. (1990). *Materiales no metálicos resistentes a la corrosión* . España: Marcombo S.A.
- Callister, W. (2007). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales 2*. España: Reverté.
- Cardenas, J., Rojas, A., & Gálviz, B. (20 de 06 de 2019). *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n35/2248-4094-rium-18-35-111.pdf>
- Chavero, N. (26 de octubre de 2007). *Centro de Investigacion en Quimica Aplicada* . Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/400/1/Nayeli%20Chavero%20Juarez.pdf>
- Ecuaplastic. (2023). *Ecuaplastic, ecosolutions S.A.* Obtenido de <https://www.ecuaplastic.com/index.php>
- EIA. (Abril de 2020). *Energy Information administration, Petroleum Supply* . Obtenido de <https://globalenergy.mx/noticias-especiales/infografias/que-hay-en-un-barril-de-petroleo-crudo/>
- EMGIRS. (29 de Mayo de 2018). *Emgirs*. Obtenido de <https://emgirs.gob.ec/index.php/noticiasep/444-municipio-de-quito-potencia-el-relleno-sanitario-de-el-inga>
- Franquet , J. (2005). *Cálculo Hidráulico de las condiciones libres y Forzadas* . Cataluña: Copyrapid.
- Girón, I. E. (septiembre de 2005). *Repoitorio Universidad de San Carlos de Guatemala* . Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0639\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf)
- Hachi Quintana, J. G., & Rodríguez Mejía , J. D. (Marzo de 2010). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

- Ibarra Alonso, M. C. (Agosto de 2008). *Centro Institucional en Química Aplicada*. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/397/1/Maria%20Cristina%20Ibarra%20Alonso.pdf>
- Ibarra, M. (03 de octubre de 2008). *Centro de investigación en química aplicada*. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/397/1/Maria%20Cristina%20Ibarra%20Alonso.pdf>
- INEC. (2018). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSO*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2018/Residuos\\_solidos\\_2018/Boletin\\_Tecnico\\_Residuos\\_2018.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2018/Residuos_solidos_2018/Boletin_Tecnico_Residuos_2018.pdf)
- INEC, AME, & BDE. (2020). *INEC*. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2020/Residuos\\_solidos\\_2020/Boletin\\_Tecnico\\_Residuos\\_2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Residuos_solidos_2020/Boletin_Tecnico_Residuos_2020.pdf)
- Marcos Sánchez, M. (Septiembre de 2019). *UNICAN.ES*. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/17041/419805.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio Federal de Medio Ambiente, P. d. (2021). *Plastic pollution*. Obtenido de <https://plastic-pollution-crisis-and-fossil-fuel-industry.dw.com/es/>
- Molina, F., Fuentes Gil, I., García Ascárate, A., García Dozagarat, J., & Gutiérrez Vázquez, S. (1997). *Matemáticas 2º de Eso*. Madrid: ediciones de la torre.
- Moran, S. (10 de 11 de 2020). *Plan V*. Obtenido de <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-uso-mas-260000-toneladas-al-ano-ecuador#:~:text=Seg%C3%BAAn%20los%20%C3%BAltimos%20datos%20del,m%C3%A1s%20de%20350.000%20veh%C3%ADculos%20medianos.>
- Murcia, F., Sanguino, P., Velandia, C., Barrera, A., Sarmiento, N., Toledo, N., . . . Rivera, W. (Abril de 2021). *GRIIV*. Obtenido de <https://www.uts.edu.co/sitio/wp-content/uploads/2019/10/c-poli-baja.pdf>
- Naranjo, Naranjo, Martínez, & Subía. (3 de Julio de 2022). *nmslaw abogados*. Obtenido de <https://nmslaw.com.ec/tarifas-irbp-2022/>
- Núñez, J. S. (28 de agosto de 2013). *Banesco*. Obtenido de <http://blog.banesco.com/como-se-aprovecha-un-barril-de-petroleo/>

## RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

- Nutec, R. b. (2023). *Nutec* . Obtenido de <https://nutecamerica.com/recycle/>
- OCDE. (22 de 02 de 2022). *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos* . Obtenido de <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/perspectivas-globales-del-plastico.htm>
- Pereira Piñares, M. (30 de Enero de 2003). *Uniandes*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15676/u234640.pdf?sequence=1>
- Rico, M. B., Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis , A. (2012). *Tecnología de Polímeros*. España: Une.
- Rodríguez Bruceta, M., Pérez Rodriguez, D., & Velázquez Infante, D. (Agosto de 2014). *Scielo*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v27n1/ind03115.pdf>
- S.A, R. (2022). *RTRECICLAR S.A* . Obtenido de <https://rtreciclar.com/>
- Sánchez, M. (2023).
- Sánchez, M. (2023). *Google earth* . Obtenido de [https://earth.google.com/web/search/0%c2%b004%2737.4%22S+78%c2%b025%2702.6%22W/@-0.0770556,-78.4173889,2706.76433642a,1056.5412603d,35y,0h,45t,0r/data=C14aNBIuGaBB-XHqubO\\_IajN7n-2mlPAKhowwrAwNCczNy40IIMgNzjCsDI1JzAyLjYiVxgCIAEiJgokCdkU3TJaZbG\\_EXsQOw70GLm\\_](https://earth.google.com/web/search/0%c2%b004%2737.4%22S+78%c2%b025%2702.6%22W/@-0.0770556,-78.4173889,2706.76433642a,1056.5412603d,35y,0h,45t,0r/data=C14aNBIuGaBB-XHqubO_IajN7n-2mlPAKhowwrAwNCczNy40IIMgNzjCsDI1JzAyLjYiVxgCIAEiJgokCdkU3TJaZbG_EXsQOw70GLm_)
- Tivan Caiza, A. (2019). *UTN*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9669/2/02%20IEF%20217%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO

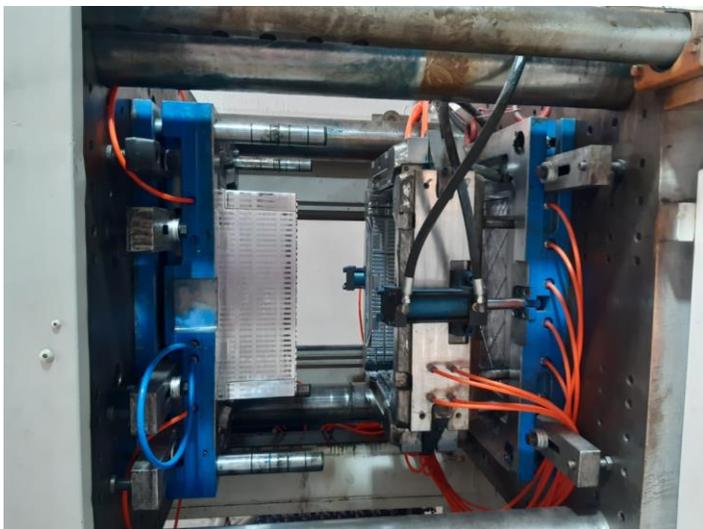
## 9. ANEXOS



Anexo Figura 2 Marca máquina de inyección (Sánchez, 2023).



Anexo Figura 1 Apilamiento gavetas (Sánchez, 2023).



Anexo Figura 3 Molde máquina de inyección (Sánchez, 2023).



Anexo Figura 4 Parámetros de presión (Sánchez, 2023).

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO



*Anexo Figura 6* Parámetros de máquina de inyección (Sánchez, 2023).



*Anexo Figura 5* Material PEAD reciclado (Sánchez, 2023).

# RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) UTILIZANDO EL PROCESO DE OPERACIONES UNITARIAS DE INYECCION PARA SU APROVECHAMIENTO



Anexo Figura 7 Torre de enfriamiento de agua

FECHA	CANTIDAD DE GAVETAS	TIPO DE GAVETAS	COLOR	OBSERVACION	FIRMA ENCARGADO
30/01/2023	4000		VERDE	10 GAVETAS VERDES	[Signature]
31/01/2023	540		VERDE	6 GAVETAS VERDES	[Signature]
01/02/2023	724		VERDE	5 GAVETAS VERDES	[Signature]
02/02/2023	795		VERDE	4 GAVETAS VERDES	[Signature]
03/02/2023	785		VERDE	3 GAVETAS VERDES	[Signature]
04/02/2023	750		VERDE	10 GAVETAS VERDES	[Signature]
05/02/2023	798		VERDE	3 GAVETAS VERDES	[Signature]
06/02/2023	799		VERDE	10 GAVETAS VERDES	[Signature]
07/02/2023	772		VERDE	7 GAVETAS VERDES	[Signature]
08/02/2023	772		VERDE	7 GAVETAS VERDES	[Signature]
09/02/2023	794		VERDE	2 GAVETAS VERDES	[Signature]
10/02/2023	4100		VERDE	10 GAVETAS VERDES	[Signature]

Anexo Figura 8 Bitácora de kilogramos procesados

FECHA	CANTIDAD DE GAVETAS	TIPO DE GAVETAS	COLOR	OBSERVACION	FIRMA ENCARGADO
03/02/2023	4102		VERDE	3 GAVETAS VERDES	[Signature]
04/02/2023	366		VERDE	3 GAVETAS VERDES	[Signature]
05/02/2023	383		VERDE	12 GAVETAS VERDES	[Signature]
06/02/2023	505		VERDE	26 GAVETAS VERDES	[Signature]
07/02/2023	390		VERDE	4 GAVETAS VERDES	[Signature]
08/02/2023	390		VERDE	12 GAVETAS VERDES	[Signature]
09/02/2023	416		VERDE	1 GAVETA VERDE	[Signature]
10/02/2023	414		VERDE	3 GAVETAS VERDES	[Signature]
11/02/2023	403		VERDE	3 GAVETAS VERDES	[Signature]
12/02/2023	367		VERDE	5 GAVETAS VERDES	[Signature]
13/02/2023	575		VERDE	11 GAVETAS VERDES	[Signature]
14/02/2023	480		VERDE	18 GAVETAS VERDES	[Signature]

Anexo Figura 9 Bitácora de kilogramos procesados