



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS  
PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE  
CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA - ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO(A) INDUSTRIAL**

**AUTOR (ES):**

TOMALÁ BERNABÉ LUIS FERNANDO

TERÁN SOLORZANO KEVIN JAVIER

**TUTOR:**

DRA. GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO, PHD.

La Libertad, Ecuador

2024

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS  
PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE  
CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA, ECUADOR.”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR:**

**TOMALÁ BERNABÉ LUIS FERNANDO  
TERÁN SOLORZANO KEVIN JAVIER**

**TUTOR:**

**DRA. GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO, PHD.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2024**

**UPSE**

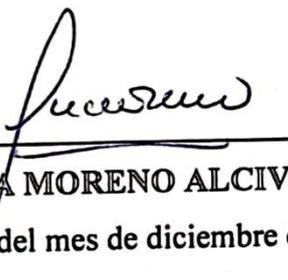
# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Tomalá Bernabé Luis Fernando y Terán Solorzano Kevin Javier, como requerimiento para la obtención del título de ingeniero industrial.

TUTOR (A)

f.   
DRA. GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO, PHD.

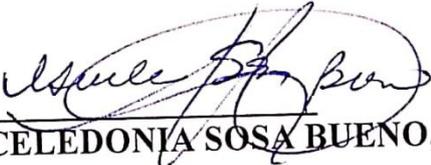
DIRECTOR DE LA CARRERA

f.   
ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR PHD.  
La Libertad, a los 3 del mes de diciembre del año 2024

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “PROTOTIPO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA, ECUADOR.”, elaborado por el Sr. Tomalá Bernabé Luis Fernando y el Sr. Terán Solorzano Kevin Javier, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingenieros Industriales, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

**TUTOR (A)**

f.   
**DRA. GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO, PHD.**

La Libertad, a los 3 del mes de diciembre del año 2024

# DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Tomalá Bernabé Luis Fernando y Terán Solorzano Kevin Javier**

## DECLARO/DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **PROTOTIPO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA, ECUADOR** previo a la obtención del título de **ingeniero industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi/nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, me/nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 3 del mes de diciembre del año 2024

## EL AUTOR (ES)

f. Tomalá Bernabé Luis Fernando  
TOMALÁ BERNABÉ LUIS FERNANDO

f. Kevin Terán  
TERAN SOLORZANO KEVIN JAVIER

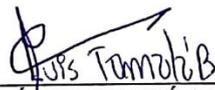
# AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Tomalá Bernabé Luis Fernando y Terán Solorzano Kevin Javier.**

Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **PROTOTIPO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA, ECUADOR**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

**La Libertad, a los 3 del mes de diciembre del año 2024**

**EL AUTOR (ES):**

f.   
**TOMALÁ BERNABÉ LUIS FERNANDO**

f. Kevin Terán  
**TERÁN SOLORZANO KEVIN JAVIER**

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**PROTOTIPO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA**” elaborado por **Tomalá Bernabé Luis Fernando y Terán Solorzano Kevin Javier**, egresados de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 3% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

**TESIS LUIS TOMALA- TERAN KEVIN JAVIER 2024 - 2**

**3%**  
Textos sospechosos

**< 1%** Similitudes  
< 1% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas

**< 1%** Idiomas no reconocidos  
**3%** Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS LUIS TOMALA- TERAN KEVIN JAVIER 2024 - 2.pdf  
ID del documento: 9e66842243c0a88a3f240e2fc0bb2acc62c05034  
Tamaño del documento original: 492,13 KB  
Autores: []

Depositante: GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO  
Fecha de depósito: 17/1/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 17/1/2025

Número de palabras: 19.343  
Número de caracteres: 126.559

Ubicación de las similitudes en el documento:

FIRMA DEL TUTOR

f.



**DRA. GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO, PHD.**

**C.C.:**

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

*Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.*  
*Celular: 0962183538*  
*Correo: [bettyruthgomez@educacion.gob.ec](mailto:bettyruthgomez@educacion.gob.ec)*

## CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **“PROTOTIPO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA - ECUADOR”**, de los estudiantes: **TOMALÁ BERNABÉ LUIS FERNANDO** y **TERÁN SOLORZANO KEVIN JAVIER**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 10 de Enero del 2025



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.  
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUCIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS  
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a mis padres, que han estado en cada paso y desafío que me he propuesto, quienes con su esfuerzo y dedicación han sido un pilar fundamental en mi vida. Gracias por su apoyo incondicional, por creer en mí y por enseñarme con su ejemplo el valor del trabajo y la perseverancia.

A los docentes que me han acompañado a lo largo de este recorrido académico, les agradezco profundamente por compartir su conocimiento y sabiduría. Sus enseñanzas han sido clave en mi formación, no solo académica, sino también como persona. Gracias por motivarme a pensar de manera crítica, por su paciencia y por su compromiso con mi desarrollo.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que de una u otra manera han contribuido a mi crecimiento y éxito. Sus palabras de aliento, su tiempo y su apoyo han sido esenciales para llegar hasta aquí.

***Luis Fernando Tomalá Bernabé***

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este momento importante de mi vida, a mi familia por estar siempre que lo necesite, a mis compañeros por ayudarme en cada momento, finalmente a los ingenieros por cada enseñanza tanto de sus conocimientos, como sus consejos de vida.

***Kevin Javier Terán Solórzano***

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mis padres, este logro no es solo mío, sino de cada uno de ustedes que han sido mi inspiración, cuyo amor y sacrificio han sido la base sobre la que he construido mis sueños. Gracias por su constante apoyo, por enseñarme a nunca rendirme, por perseverar a pesar de las caídas.

Dedico también este trabajo a todos los docentes que, con compromiso por formar líderes y pasión por la enseñanza, me han guiado en este camino de aprendizaje. Sus palabras y consejos han dejado una huella imborrable en mi vida.

A todos aquellos que me han conformado parte de este proceso brindándome su apoyo y confianza, esta dedicación es para ustedes.

***Luis Fernando Tomalá Bernabé***

El presente proyecto lo dedico a toda mi familia que confiaron en mí y están en cada meta que me propongo. Su ejemplo de vida me inspira a ser mejor cada día, este logro es tanto suyo como mío.

***Kevin Javier Terán Solórzano***

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.   
\_\_\_\_\_  
ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR PHD  
DIRECTOR DE CARRERA

f.   
\_\_\_\_\_  
ING. ALEJANDRO VELIZ AGUAYO, PHD  
DOCENTE ESPECIALISTA

f.   
\_\_\_\_\_  
DRA. GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO, PHD.  
DOCENTE TUTOR

f.   
\_\_\_\_\_  
DRA. GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO, PHD.  
DOCENTE DE LA UIC

## ÍNDICE GENERAL

<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>v</b>
<b>CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO</b> .....	<b>vii</b>
<b>CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA</b> .....	<b>viii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ix</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>x</b>
<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xviii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS</b> .....	<b>xix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>10</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
1.1. Antecedentes investigativos .....	10
1.2. Estado del arte.....	16
1.3. Fundamentos teóricos.....	29
1.3.1. <i>Bloques PVC</i> .....	39
1.3.2. <i>PET</i> .....	40

1.3.3.	<i>Materiales reciclados en la construcción</i>	46
1.3.4.	<i>Construcción ecológica</i>	46
1.3.5.	<i>Impacto ambiental y beneficios económicos</i>	46
1.3.6.	<i>Proceso de extrusión de plásticos reciclado</i>	47
1.4.	Sectorización	49
<b>CAPÍTULO II</b>		<b>50</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO</b>		<b>50</b>
<b>2.1</b>	<b>Enfoque de la investigación</b>	<b>50</b>
2.2	Tipo y Diseño de la Investigación	50
2.3	Población y Muestra	50
2.4	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	51
2.5	Recolección de Datos	53
2.6	Variable (s) del estudio (Adaptada al tipo y diseño de la investigación)	54
2.6.1.	<i>Operacionalización de las variables</i>	54
2.7	Procedimiento para la recolección de los datos	57
2.8	Parámetro de diseño	57
2.9	Especificaciones de componente	57
2.9.1.	<i>Cañón o barril</i>	57
2.9.2.	<i>Husillo o tornillo sin fin</i>	58
2.9.3.	<i>Boquilla</i>	58
2.9.4.	<i>Resistencias eléctricas</i>	59
2.9.5.	<i>Tolva</i>	60
2.9.6.	<i>Motor reductor</i>	60
2.9.7.	<i>Es el Panel eléctrico</i>	61
2.9.8.	<i>Controladores de velocidad</i>	62
2.9.9.	<i>Controladores de temperatura</i>	62
2.9.10.	<i>Sistema eléctrico</i>	62
2.9.11.	<i>Soporte de barra</i>	63
2.9.12.	<i>Soporte de la maquina</i>	64
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>65</b>
<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		<b>65</b>

3.1	Marco de resultados .....	65
3.1.1.	<i>Recopilación de datos</i> .....	65
3.1.2.	<i>Fase 1: Selección de materiales a utilizar</i> .....	75
3.1.3.	<i>Fase 2: Materiales para la limpieza y preparación del motor</i> .....	75
3.1.4.	<i>Fase 3: Materiales considerados en la máquina extrusora</i> .....	76
3.1.5.	<i>Fase 4: Equipos de protección de los aparatos de la maquina</i> .....	77
3.1.6.	<i>Fase 5: Análisis y cálculos de esfuerzos de la estructura (mesa de trabajo) de la máquina extrusora</i> .....	78
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>89</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>90</b>
	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>91</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>104</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Criterios de inclusión y exclusión</i> .....	18
<b>Tabla 2.</b> Documentos encontrados en base de datos .....	19
<b>Tabla 3.</b> Artículos científicos de autores, relacionados con las variables de estudio	21
<b>Tabla 4.</b> Ventajas de la construcción ecológica .....	47
<b>Tabla 5.</b> Operacionalización de variable independiente.....	55
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de variable dependiente.....	56
<b>Tabla 7.</b> Componentes del sistema extrusor.....	86
<b>Tabla 8.</b> Costo del prototipo de maquina extrusora .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Etapas de la revisión de alcance</i> .....	16
<b>Figura 2.</b> Resultado de la selección de artículos .....	20
<b>Figura 3.</b> Red de palabras.....	27
<b>Figura 4.</b> Máquina compactadora .....	31
<b>Figura 5.</b> Metodología para la fabricación de bloques ecológicos.....	36
<b>Figura 6.</b> Clasificación de los polímeros sintéticos .....	37
<b>Figura 7.</b> Bloques PVC .....	39
<b>Figura 8.</b> Bloques PET .....	40
<b>Figura 9.</b> Cilindro con sus resistencias . .....	58
<b>Figura 10.</b> Boquilla de salida del plástico .....	59
<b>Figura 11.</b> Resistencias eléctricas .....	59
<b>Figura 12.</b> Tolva de alimentación .....	60
<b>Figura 13.</b> Reductor de velocidades .....	61
<b>Figura 14.</b> Caja eléctrica .....	61
<b>Figura 15.</b> Control de temperatura .....	62
<b>Figura 17.</b> Sistema eléctrico.....	63
<b>Figura 18.</b> Soporte de barra.....	63
<b>Figura 19.</b> Mesa para el prototipo .....	64
<b>Figura 20.</b> Grado de satisfacción.....	66
<b>Figura 21.</b> Resultados de la pregunta 1 de la encuesta.....	67
<b>Figura 22.</b> Resultados de la pregunta 2 de la encuesta.....	67
<b>Figura 23.</b> Resultados de la pregunta 3 de la encuesta.....	68
<b>Figura 24.</b> Resultados de la pregunta 4 de la encuesta.....	68
<b>Figura 25.</b> Resultados de la pregunta 5 de la encuesta.....	69
<b>Figura 26.</b> Resultados de la pregunta 6 de la encuesta.....	69
<b>Figura 27.</b> Resultados de la pregunta 7 de la encuesta.....	70
<b>Figura 28.</b> Resultados de la pregunta 8 de la encuesta.....	70
<b>Figura 29.</b> Resultados de la pregunta 9 de la encuesta.....	71
<b>Figura 30.</b> Resultados de la pregunta 10 de la encuesta.....	71
<b>Figura 31.</b> Resultados de la pregunta 11 de la encuesta.....	72
<b>Figura 32.</b> Resultados de la pregunta 12 de la encuesta.....	72
<b>Figura 33.</b> Diseño del prototipo de máquina extrusora.....	74

**Figura 34.** Prototipo final elaborado ..... 87

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Matriz del bloque .....	104
<b>Anexo 2.</b> Plano cilindro con su barra de soporte .....	105
<b>Anexo 3.</b> Plano boquilla.....	106
<b>Anexo 4.</b> Plano filtro de boquilla.....	107
<b>Anexo 5.</b> Plano mesa de soporte de la maquina.....	108
<b>Anexo 6.</b> Plano soporte de barra.....	109
<b>Anexo 7.</b> Plano de soporte del barril.....	110
<b>Anexo 8.</b> Plano de tolva .....	111
<b>Anexo 9.</b> Prototipo completo .....	112
<b>Anexo 10.</b> Instrumento para validación de propuesta Expertos. ....	113
<b>Anexo 11.</b> Carta de donación del prototipo.....	114

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS**

PET: Tereftalato de polietileno

PVC: Policloruro de vinilo

PEAD: Polietileno de alta densidad

PEAB: Polietileno de baja densidad

PS: Poliestireno

FDM: Modelado por deposición fundida

# “PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA - ECUADOR”

**Autor:** Tomalá Bernabé Luis Fernando  
Terán Solórzano Kevin Javier

**Tutor:** Dra. Graciela Celedonia Sosa Bueno, PHD.

## RESUMEN

En la actualidad, la gestión de residuos plásticos es uno de los retos ambientales más apremiantes y desafiante a la vez, ya que afecta gravemente al hábitat y causa problemas ambientales en la provincia de Santa Elena, para la cual la creación de una maquina extrusora para producir bloques de plásticos llega hacer una alternativa favorable que permite ser una opción en área de la construcción. El objetivo fue diseñar y evaluar un prototipo de maquina extrusora para producir bloques de plásticos eficientes. Se utilizo una metodología cuantitativa con un diseño experimental de alcance descriptivo, donde la recolección de datos se hizo mediante observación directa, se empleó el software SolidWorks para el modelo y simulación del diseño de la máquina. Se estimo un costo total de \$1380 compuestos por materiales, gastos administrativos y logística. Sin embargo, el rendimiento de la maquina no alcanzo los niveles óptimos esperados debido al motor de 0.75 hp que limita la velocidad de extrusión para mayor eficiencia. A pesar de esta limitación, la extrusión de plástico podría ser viable si se implementan ajustes en el diseño técnico para mejorar la eficiencia del prototipo de extrusora.

**Palabras Claves:** *máquina extrusora, plásticos, reciclaje, construcción ecológica, economía circular, prototipo*

# “PROTOTYPE OF A FILAMENT EXTRUDER MACHINE TO PRODUCE PVC-PET BLOCKS, IN THE ECOLOGICAL CONSTRUCTION AREA, SANTA ELENA - ECUADOR”

**Author:** Tomalá Bernabé Luis Fernando

Terán Solórzano Kevin Javier

**Tutor:** Dra. Graciela Celedonia Sosa Bueno, PHD.

## ABSTRACT

Nowadays, plastic waste management is one of the most pressing and challenging environmental challenges, as it seriously affects the habitat and causes environmental problems in the province of Santa Elena, for which the creation of an extruder machine to produce plastic blocks becomes a favorable alternative that allows it to be an option in the construction area. The objective was to design and evaluate a prototype of an extruder machine to produce efficient plastic blocks. A quantitative methodology was used with an experimental design of descriptive scope, where data collection was done through direct observation, SolidWorks software was used for the model and simulation of the machine design. A total cost of \$1380 was estimated, consisting of materials, administrative expenses and logistics. However, the performance of the machine did not reach the optimal levels expected due to the 0.75 hp motor that limits the extrusion speed for greater efficiency. Despite this limitation, plastic extrusion could be viable if adjustments are implemented in the technical design to improve the efficiency of the extruder prototype.

**Keywords:** *extruder machine, plastics, recycling, green construction, circular economy, prototype*

# INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión de residuos plásticos es uno de los retos ambientales más apremiantes y desafiante a la vez, ya que afecta gravemente al hábitat y causa problemas ambientales (de Luna et al., 2022). El reciclaje y la reutilización de materiales plásticos se han vuelto un problema crítico, debido al aumento de la urbanización y la industrialización que ha llevado a una proliferación de residuos plásticos, planteando un desafío ambiental significativo. El consumo de plástico en las diversas formas en el mundo, en sus amplios usos, el uso intensivo del mismo, por no ser biodegradable como otros materiales, es en gran parte culpable de acumular contaminantes en el planeta; por lo tanto, su eliminación es un problema ambiental. Otro motivo para la acción del reciclado, es emplear el material polimérico como refuerzo del concreto, contando con una opción para mejorar las propiedades mecánicas de los bloques biodegradables.

A nivel económico, Ecuador hace frente a los mismos retos, los cuales exigen soluciones en cuanto al saneamiento de plástico (Ministerio del Ambiente, 2022). En el orden local de Santa Elena, el aprovechamiento de plásticos reciclados para la construcción se presenta como una solución, a la par que facilita el desarrollo de nuevos materiales para la industria.

En México, el estudio realizado por de Luna et al., (2022), cuyo título “Diseño y construcción de extrusora de PET reciclado”, menciona que el consumo de plásticos actualmente, se estima que la cantidad total de plástico en el mundo es de al menos 170 millones de toneladas, de las cuales casi el 78% es termoplástico y el 22% restante es termoestable. El destino principal de estos plásticos es: el 70% son enterrados o enviados a vertederos, y solo el 30% restante se recicla, lo que afecta gravemente al medio ambiente. Del 30% que se recicla, se estima que solo alrededor del 36% considerado en peso se procesa mediante extrusión (de Luna et al., 2022). Se concluye que la máquina extrusora puede minorar la cantidad de desechos plásticos; así ayudar a mitigar la contaminación ambiental.

En Colombia, Medellín, un estudio realizado por Mejía, (2020), denominado “Estudio del manejo de residuos plásticos en Colombia”; se estima que en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla se producen semanalmente unas 88.100

toneladas de basuras y residuos plásticos de las cuales solo es recogido el 70% el resto queda en diferentes sitios de las ciudades; Se hizo necesario emplear estrategias más agresivas que incluyan a toda la comunidad en general donde se muestre de una manera clara, la forma adecuada de su utilización, ya que estos si se incorporan y aprovechan dentro de una economía circular, pueden traer grandes beneficios al planeta (Mejía, 2020).

En Perú, el trabajo realizado por Cotacallapa et al., (2021), que afirma que el proceso de extrusión comprende una serie de operaciones unitarias, en su estudio analizó los procesos que hace la extrusora y sus ventajas de uso, como la importancia de la energía mecánica. Además, el estudio de Oliveira et al. (2022) con el tema “Extrusora de filamento de código abierto instrumentada para investigación y educación”, apoya lo mencionado anteriormente, el cual busca desarrollar una extrusora de bajo costo con alta instrumentación para análisis de procesos en tiempo real, necesaria en la fabricación de filamentos 3D. Las extrusoras de código abierto, aunque más económicas, carecen de instrumentación, limitando el análisis del proceso. Se diseñaron equipos con placas de circuito integrado para modularidad, control de la máquina, estabilidad en la operación y adquisición de datos. Se validó el equipo mediante procesamiento a temperatura constante y variaciones de flujo. Los datos recolectados incluyeron temperaturas en distintos puntos del barril, velocidad de rotación del motor y calidad superficial del filamento, demostrando la efectividad del nuevo sistema.

En Ecuador, la producción y el consumo de plástico se encuentra fuera de control, la gran cantidad de residuos indica la necesidad de regulación urgente que debe promover la economía circular, que esas regulaciones se centren en el reciclaje, pero no tan profundo porque se busca una sostenibilidad mayor. Ecuador necesita cambiar su forma de gestionar y producir plásticos entubados y desechos convirtiéndose en una economía circular (Arguello, 2022). La investigación de Villamar (2022), se centra en la contaminación por micro plásticos en los ecosistemas marinos el cual presenta una amenaza creciente para la biota oceánica y que estas partículas microscópicas de plástico pueden ser comido por los organismos marinos, entre los plásticos están el PET, PEAD, PEAB, PS. Estos micro plásticos varían en tamaño de 0,50 mm a 3 mm. Los organismos más afectados incluyen el atún, la sardina redonda y el erizo negro, con una presencia significativa de micro plásticos en sus

cuerpos. Como efecto colateral la contaminación se ha registrado en todas las provincias de Ecuador, siendo Manabí, Guayas y Santa Elena algunas de las más afectadas; se ha documentado que la generación diaria de residuos plásticos per cápita es de 0.41 kg/ habitante / día (Arguello, 2022). Este problema surge de la ineficiencia cuando se trata de la gestión de residuos plásticos, existe una falta de infraestructura de reciclaje adecuada y una falta general de comprensión de las regulaciones y practicas sostenibles.

En Ecuador, un estudio denominado “La basura plástica llegó a América Latina” donde se importa plástico, siendo Ecuador y México entre los mayores importadores desde EEUU entre enero y agosto de 2020, Ecuador con 3,665,00 toneladas (es decir 23.32 contenedores aproximadamente) y le acecha el fantasma del coprocesamiento de desechos plásticos en América Latina. Por ejemplo, México ve el reciclaje y la economía circular como la incineración, quema de desechos y residuos peligrosos en hornos de cemento (Rached et al., 2021). A través de la construcción de extrusoras que procesan estos residuos peligrosos en pellet de PVC\_PET se puede conseguir una economía circular (Benavides & Fajardo, 2024). La combinación de estos materiales proporciona propiedades mecánicas y químicas adecuadas para la construcción, lo que lo convierte en una solución viable y sostenible al transformar estos desechos plásticos en material de construcción útil que se presenta específicamente en forma de bloques de PVC-PET.

La construcción sostenible se ha convertido en una prioridad en la agenda global (Musioł et al., 2024). Al integrar residuos plásticos con materiales de construcción ofrece una doble ventaja: I. Ayuda a reducir la acumulación de desechos plásticos en el medio ambiente; II. Permite la creación de materiales de construcción innovadores, resistentes y sostenibles (Hassan et al., 2024). Esto fomenta la sostenibilidad y la utilización de materiales reciclados en la industria de la construcción, ofreciendo una alternativa ecológica y económica para la construcción de viviendas asequibles, aprovechando el aumento de los desechos plásticos que representa una amenaza significativa para el medio ambiente (Saffari & Beagon, 2022). Los residuos de tereftalato de polietileno (PET), ampliamente utilizados en los envases de bebidas y alimentos, representan una parte significativa de los desechos plásticos generados globalmente (Portilla, 2019). Promoviendo búsqueda de tecnologías emergentes que promuevan la sostenibilidad ambiental es una prioridad

para el sector de la construcción; este sector se encuentra entre los que más contribuyen a los índices mundiales de contaminación.

Este desafío ha sido identificado en el marco de los “17 Objetivos de Desarrollo Sostenible” de la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Asamblea General de las Naciones Unidas”. Según las Naciones Unidas (ONU), la rápida urbanización, promovida por un crecimiento exponencial de la población, provocará un aumento del 60% en la demanda de vivienda para 2030, convirtiendo a las ciudades en generadoras del 75% de las emisiones globales de carbono del mundo. Así mismo, se estima que para 2050 será necesario un aumento de los recursos naturales equivalente al valor de casi tres planetas para sostener los estilos de vida actuales (Robayo et al., 2021). Se menciona que, los muros construidos con plásticos de desecho impulsarían la sostenibilidad ambiental porque consumen grandes cantidades de plásticos de desecho que actualmente se vierten indiscriminadamente al medio ambiente; también se espera que el uso de plásticos de desecho como aglutinante en los bloques de construcción minimice la huella de carbono en la construcción (Kumi et al., 2023).

Según el estudio realizado por Soomro et al., (2021), afirmaron que su proyecto describe un prototipo interactivo particular como un componente de, o un dispositivo que tiene un papel en el sistema operativo más que un gráfico que necesita ser interpretado. El uso cada vez mayor de estas herramientas de fabricación digital en la construcción es muy evidente. Las máquinas de fabricación de prototipos, como los extrusores, ayudarían en la producción rápida y evaluación de materiales de construcción sostenibles. Por lo tanto, los procesos de construcción serían más eficientes y precisos y las prácticas de sostenibilidad en la construcción se volverían más viables y escalables.

Este trabajo se basa en la construcción de una extrusora de filamentos de código abierto para producir bloques PVC-PET, por medio de una matriz hecha de 5 placas acero semi-suave o semidulce con un grosor de 20mm, cuyas medidas de la matriz serán de 150x30x12 mm; conectándose por medio de 12 pernos allen al calentador mica térmico fijado en la superficie exterior de la matriz. Un calentador mica térmico es un dispositivo de calefacción que utiliza elementos calefactores cubiertos con mica el cual combinan calefacción por convección y radiación, lo que lo hace más eficiente y silencioso. Son conocidos por su rápida capacidad de calentamiento y su bajo

consumo energético, siendo una opción popular para la calefacción doméstica y comercial (Fernández et al., 2019).

## **Planteamiento del Problema**

La gestión de residuos plásticos es uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI, ya que el PVC (cloruro de polivinilo) y el PET (tereftalato de polietileno) son omnipresentes en los bienes de consumo cotidianos, desde los envases hasta los productos de un solo uso que terminan en vertederos o, peor aún, en el entorno natural, la descomposición tarda cientos de años (Orozco, 2024). La acumulación de estos residuos plásticos no sólo amenaza los ecosistemas locales, sino que también agrava el problema global de la contaminación plástica.

A pesar del potencial de los plásticos reciclados, la falta de tecnologías apropiadas y las percepciones negativas de estos materiales limitan su uso en el sector de la construcción. Para ello es necesario investigar la viabilidad de un prototipo de extrusora capaz de producir bloques de PVC-PET reciclado que cumplan con los estándares de construcción requeridos (Fajardo & Fonseca, 2023). El principal problema es la falta de tecnologías viables y eficaces para convertir los residuos plásticos en materiales de construcción útiles y respetuosos con el medio ambiente. Por tanto, el objetivo principal de este proyecto es desarrollar un prototipo de extrusora de filamentos de código abierto capaz de producir bloques de construcción a partir de PVC y PET reciclados. El equipo debe ser: I. Inclusivo: Debe utilizar un diseño de código abierto para que pueda ser replicado y adoptado fácilmente por comunidades locales y pequeñas empresas. II. Eficiente en desechos: Debe ser capaz de tratar grandes cantidades de desechos plásticos mientras utiliza casi ninguna energía y recursos. III. Económico: Reducir el costo de producción de materiales de construcción y proporcionar sustitutos de bajo costo para materiales de construcción tradicionales.

En la provincia de Santa Elena, surge otro inconveniente, el cual es el incremento en la evidentemente creciente existencia de residuos plásticos, además de que la cantidad que se dispone para el reciclaje es bastante limitada. En el ámbito del turismo, otro problema que ha sido señalado es la escasez de viviendas accesibles y la necesidad de materiales de construcción que sean sostenibles y de bajo costo que puedan satisfacer un alto crecimiento demográfico. Para abordar esta problemática se

explica la necesidad de buscar soluciones más integrales e innovadoras que puedan incluir la gestión de residuos plásticos y la producción de materiales de construcción (Mendoza, 2020). Para ello, se implementará de forma segura la idea innovadora de diseñar una extrusora de filamentos de código abierto para la producción de bloques de PVC-PET reciclado. Este proyecto tiene como valor añadido la gestión adecuada y ecológica de los residuos plásticos, y además apoya la construcción de viviendas económicas y responsables con el medio ambiente, disminuye la huella de carbono de la construcción en Santa Elena e impide la acumulación de PVC-PET en el medio ambiente (Nuñez et al., 2023).

### **Formulación del Problema de Investigación**

La problemática planteada abarcará esta pregunta: ¿De qué forma el prototipo de extrusora puede ser eficiente en hacer piezas de PVC-PET reciclado en el sistema de la construcción verde en Santa Elena, Ecuador?

### **Alcance de la Investigación**

La investigación se concentrará en el diseño y validación de un prototipo de máquina extrusora mientras se verifican los componentes formados y su adaptación doméstica. Los resultados se centrarán en la mejora de las medidas de sostenibilidad en la construcción de casas en Santa Elena y quizás en otras áreas de Ecuador también. Este es un prototipo de código abierto de una máquina extrusora que fabricará bloques de construcción utilizando plásticos reciclados, en la provincia de Santa Elena - Ecuador. El estudio tiene como objetivo optimizar la gestión de residuos plásticos para crear materiales de construcción sostenibles para uso comercial local, evaluando si tal máquina puede ser instalada desde puntos de vista técnicos, económicos y ambientales. Asimismo, se examinarán las propiedades físicas y mecánicas de los bloques para determinar el cumplimiento de ciertos requisitos de resistencia y durabilidad aplicables en la industria de la construcción. El proyecto se llevará a cabo en la provincia de Santa Elena, donde hay un creciente desecho de plástico y limitaciones en el suministro de vivienda verde asequible. La investigación tiene la intención de utilizar estos plásticos como bloques de construcción y luego explorar las propiedades de los materiales finales fabricados a través de procesos de extrusión.

La principal innovación de este trabajo es el uso de tecnología que permite que el prototipo sea replicado por otras empresas interesadas en la gestión sostenible de residuos plásticos. El destinatario principal es la Comunidad Universitaria del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ya que, el estudio abarca la creación de filamentos en base al plástico que se recicla, siendo una ventaja significativa para los estudiantes, de modo que con este material pueden crear elementos, objetos y estructuras en 3D, así consiguiendo una solución viable y amigable para el planeta y el medio ambiente.

### **Justificación de la investigación**

La investigación es importante en el mundo actual, ya que busca resolver un desafío global hoy en día sobre el problema de los desechos plásticos a través de la extrusión de materiales con reciclaje de desechos plásticos. En el proceso de crear prototipos funcionales, crearemos conciencia sobre el uso de plásticos reciclados en la construcción como un estímulo hacia un comportamiento más sostenible y responsable (Romani et al., 2021).

El proyecto tiene **justificación teórica**, la economía circular da el fundamento para la investigación que tiene lugar en la construcción sustentable, perspectiva que considera esencial la reducción de residuos. El uso de plásticos reciclados en la construcción se ha reportado como un enfoque muy útil para resolver enormes problemas de medio ambiente tales como la contaminación por residuos y el desperdicio de recursos (González & Fernández, 2021). La extrusión es una tecnología que se considera revolucionaria para el uso de plástico reciclado. Al construir un prototipo de máquina extrusora, se intenta aportar al debate sobre la posibilidad del uso del plástico reciclado en la construcción, que amplía las teorías existentes sobre el reciclaje y la sostenibilidad del uso de materiales (Benavides & Fajardo, 2024). Tiene **enfoque metodológico**, desde la exposición, los métodos comparativos y cronológicos han sido aplicados para determinar la justificación del enfoque y de la técnica de la investigación. En términos prácticos, la evaluación de un prototipo de máquina extrusora en condiciones controladas se suele hacer utilizando el método experimental, que está destinado a la recolección de varios datos. Este enfoque no solo facilita la recolección de datos cuantitativos sobre la producción y las propiedades mecánicas de los bloques, sino que también permite realizar comparaciones significativas entre

diferentes proporciones de mezclas de PVC y PET reciclados. De igual manera, el resultado obtenido previamente es confiable, debido a que se hizo el uso de recolección de datos bajo un objetivo claro, como las pruebas de compresión y las mediciones de consumo de energía (Fernández, 2020). También posee **justificación social**, ya que este estudio intenta resolver un problema de alta importancia en Ecuador y el mundo: la administración de residuos plásticos y la investigación sobre nuevas alternativas sostenibles en el ámbito de la construcción. La elaboración de bloques de PVC-PET reciclados ayudará no sólo a reducir los desperdicios, sino que fomentará la creación de nuevas fuentes de empleo e impulsará el desarrollo tecnológico autóctono en el área de la construcción (Grace, 2023). La comprensión del reciclaje y de la sostenibilidad se puede incentivar entre las personas, fomentando acciones que protegen el medio ambiente. También hay **justificación práctica** para ello: el prototipo del modelo de extrusora baja el costo de la producción de bloques de construcción mediante el reciclado de residuos de plástico. Estas acciones y soluciones no solo ayudarían a enfrentar los desafíos relacionados con la gestión de residuos plásticos, sino a abrir puertas a ideas innovadoras para el beneficio del medio ambiente a través de materiales de construcción. El prototipo puede ayudar a hacer que la industria de la fabricación del cemento para proyectos de construcción no sea seguro para el medio ambiente y asequible, lo que podría avanzar en el uso de plásticos reciclados en el sector de la construcción, haciéndolo más consciente y económico (Betancourt, 2019). Con el fin de asegurar que la solución desarrollada cumpla de cerca con los requisitos de la industria, la aceptación del producto se determinará mediante encuestas y otras técnicas de investigación.

## **Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de una máquina extrusora de filamentos, que permita la producción de bloques de PVC-PET, destinados a la construcción ecológica en Santa Elena - Ecuador.

## Objetivos Específicos

- Obtener información sobre el diseño y la construcción de extrusoras y la base teórica relacionada mediante métodos de investigación mixtos para realizar el marco teórico.
- Diseñar el Prototipo de Máquina Extrusora de filamentos, diseñada a través del proceso de modelado mecánico, utilizando el software CAD SolidWorks.
- Construir el Prototipo de la Máquina Extrusora, mediante el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 037:2009, para diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero.

## Hipótesis General

H<sub>1</sub>. La utilización de un prototipo de máquina extrusora para la producción de bloques de PVC-PET reciclados mejora la sostenibilidad en la construcción en Santa Elena, Ecuador. H<sub>0</sub>: La utilización de un prototipo de máquina extrusora para la producción de bloques de PVC-PET reciclados no mejora la sostenibilidad en la construcción en Santa Elena

## Hipótesis Específicas

**H<sub>1 1</sub>** : El diseño del prototipo de la máquina extrusora, utilizando el software CAD SolidWorks, permitirá alcanzar un nivel óptimo de eficiencia en el proceso de producción de bloques de PVC-PET reciclados.

**H<sub>1 2</sub>** : El prototipo de extrusora será diseñado con el cumplimiento de la normativa ecuatoriana RTE INEN 037: 2009, lo cual asegurará que dicha extrusora tenga un funcionamiento seguro y operativo en las condiciones de trabajo apropiadas.

**H<sub>1 3</sub>** : En relación con el modelo de análisis de varianza, el desempeño del prototipo de extrusora en el proceso de producción de bloques de plástico da como resultado la diferenciación existente en términos de eficiencia y eficacia con respecto al prototipo en la construcción según la sostenibilidad ambiental.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes investigativos

Según un informe de la ONU (2018), solo el 9% de los plásticos producidos a nivel mundial son reciclados, mientras que el resto termina en vertederos, incineradores o como contaminantes en el medio ambiente. En Ecuador, la situación refleja esta tendencia global, con una infraestructura de reciclaje que aún está en desarrollo y enfrenta diversas dificultades operativas y logísticas (Ministerio del medio ambiente, 2018).

Así mismo, Castro, (2019), en África, plantea que se han implementado varias iniciativas del reciclaje de plásticos para la fabricación de materiales de construcción. Un buen ejemplo es la empresa de tecnología de reciclaje en Kenia, que ha minimizado la contaminación ambiental de plástico para convertirlos en ladrillos que son cinco veces más fuertes que el concreto, especialmente y en mayor demanda para hacer adoquines.

En Colombia, varias empresas apostaron por la construcción ecológica, debido a la preocupación por el exceso contaminación de plástico, estas empresas han creado 450 obras entre casas y aulas de clase, en áreas de comunidades de bajos recurso (Moreno, 2023). Así mismo, otras empresas has creados también puentes y parques, todo esto con 6.5 kg de plásticos reciclados.

De la misma forma, Holguín (2020), realizó un estudio en Ecuador en la ciudad de Guayaquil, denominado “Evaluación de prototipos de ecobloques de plástico reciclado para pequeñas construcciones de ingeniería”, en donde se hicieron pruebas con plástico PVC en producción de bloque, esto es posible porque cumple con los parámetros establecidos por la norma de control de calidad INEN 3066 y reduce el impacto negativo al medio ambiente, demostrando la eficiencia de la producción de bloques con materiales de PVC.

En Ecuador, se genera aproximadamente 1.1 millones de toneladas de residuos plásticos anualmente, de los cuales solo un pequeño porcentaje es reciclado (Ministerio del Ambiente, 2020). Para analizar la generación de plásticos en Guayaquil, se utilizó

como referencia el estudio de sobre la producción y clasificación de residuos plásticos domésticos en esta ciudad; en este trabajo, se identifican los tipos de plásticos relevantes para el proyecto, como PVC-PET; no obstante, no se especifica qué porcentaje de estos plásticos corresponde a productos de un solo uso; con base en este estudio, y considerando la estimación en 2023, albergará a 2.8 millones de personas, cada una dejando a su paso un rastro diario de 0.41 kg/habitantes/día, como un silencioso río de desechos, se estima que la ciudad produce aproximadamente 1.151,53 toneladas de plásticos al día; de estos residuos plásticos, el 10,32% corresponde a PET y el 5,25% a PVC, provenientes principalmente de los hogares (Hidalgo et al., 2020).

En Santa Elena, una región en crecimiento con grandes dificultades en la gestión de residuos y necesidad de viviendas de bajo costo; la construcción de bloques de PVC PET reciclados puede ofrecer una doble ventaja de disponer adecuadamente de los desechos plásticos para reciclaje y también proporcionar materiales de construcción económicos y ecológicos (Ministerio del Ambiente, 2020). Se trata de una iniciativa que puede convertirse en un modelo para otras regiones de Ecuador y el mundo; el diseño de una máquina extrusora para filamento de matrices abiertas para la producción de bloques de plástico es una de esas iniciativas que tiene grandes posibilidades. Usando estudios de antecedentes y proyectos exitosos como base, este proyecto abordar algunas de las agudas crisis medioambientales y económicas en Santa Elena, Ecuador. La interconexión de tecnología innovadora y filosofía de código abierto puede abrir una nueva era en la gestión de residuos y construcción sostenible y así ofrecer una plantilla práctica y reutilizable para otras regiones (Avilez & Ochoa, 2021). La máquina extrusora para fabricar filamento para bloques reciclables de PVC-PET es una máquina extrusora que satisface más de una necesidad, como la gestión de plásticos de desecho, el suministro de materiales de construcción sostenibles y la promoción de la economía circular en Santa Elena, Ecuador.

En la actualidad, el uso desmedido de plástico ha traído consigo una serie de consecuencias negativas para el medio ambiente, por lo que es de gran importancia buscar opciones que sean eficientes para manejar residuos. Es por esto que en cada vez distintos métodos que abordan esta problemática surgen como: reciclaje y el uso de nuevos materiales (Sánchez et al., 2022). Lamentablemente, la falta de manejo adecuado del plástico sigue siendo una de las problemáticas más apremiantes.

Por otro lado, Arboleda (2023), desarrolló un estudio en Perú con el tema “Evaluación de bloques de concreto tipo P incorporando polietileno de alta densidad reciclado”, demostrando que de la evaluación, el porcentaje óptimo de PEAD es del 20% con sus propiedades físicas, longitud 0,74%, ancho y altura 0,52% y 0,55% respectivamente y sus propiedades mecánicas; se obtuvo como resultado la resistencia a compresión de unidad de albañilería a los 28 días de 80,64 kg/cm<sup>2</sup> con un aumento de 13,82% con respecto al patrón, cumpliendo con los requisitos mínimos por la E.070, clasificada como bloque P.

La literatura y los estudios de caso que ya existen forman una buena base para la implementación de este proyecto porque han demostrado que la integración de tecnología avanzada y colaboración abierta puede proporcionar soluciones efectivas y viables a los desafíos modernos. Este proyecto no solo tiene la oportunidad de cambiar la industria de gestión de residuos y construcción en Santa Elena, sino que también tiene la oportunidad de ser un modelo replicable en otras regiones del mundo. Además, estas referencias y estudios respaldan los fundamentos técnicos y conceptuales requeridos para el diseño de un prototipo de máquina de extrusión de filamentos en Santa Elena – Ecuador con la intención de mejorar la sostenibilidad y la eficiencia de los recursos.

Hay dos principales enfoques que guían estas actividades. En primer lugar, se llevan a cabo experimentos para observar los diferentes efectos del extrusor diseñado para crear piezas con la forma deseada. En segundo lugar, cuando se emplean métodos y equipos que resultan rentables, se busca ampliar el diámetro. Del mismo modo, emplean métodos y técnicas estadísticas que les permiten interpretar de forma adecuada todos los resultados.

Un prototipo de extrusor es el primer paso para crear una versión de un dispositivo mecánico o electrónico, ojalá funcional, para realizar una función específica aplicando presión a un medio sólido y viscoso para forzarlo a pasar a través de una abertura (Campos & Caraguay, 2021). Es una representación preliminar del diseño final de una máquina, utilizada para probar y evaluar su viabilidad técnica y operativa antes de su producción en masa (Ávilez & Ochoa, 2021). La extrusión es el proceso principal en la producción de productos plásticos reciclados. El proceso

implica extruir el material a través de un troquel para formar una forma continua, ideal para formar roscas y perfiles.

Los proyectos de código abierto en la fabricación de máquinas extrusoras; la comunidad de código abierto ha jugado un papel crucial en la democratización de la tecnología. Proyectos como de la impresora 3D RepRap han demostrado que es posible construir máquinas complejas utilizando diseños de código abierto. Este enfoque permite la colaboración global y la mejora continua de los diseños, lo cual es fundamental para el éxito de este proyecto. Esta tecnología permite la colaboración y la innovación continua (Campos & Caraguay, 2021). Dicha filosofía puede ser aplicada a una máquina extrusora promoviendo a la innovación y adaptación local.

El estudio que realizó por de Luna et al., (2022), el diseño y la construcción de máquinas extrusoras para la producción de filamentos no es especialmente novedoso, el uso particular de estas máquinas para la producción de bloques de PVC-PET reciclado es relativamente nuevo. De igual manera, investigaciones técnicas han evidenciado que el reciclaje de plásticos en formas útiles por medio de extrusoras es factible, siempre acompañado de un control sobre la temperatura, presión y velocidad de extrusión (de Luna et al., 2022). Asegurar que el desarrollo de extrusoras de filamento de código abierto esté disponible para cualquier persona o comunidad que quiera replicar o mejorar el diseño garantizará que el diseño esté a la mano. Esto no solo impulsa la creatividad, sino que también tiene la capacidad de hacer la tecnología asequible a las personas que están en comunidades menos favorecidas. En su gran mayoría, el desarrollo de la máquina extrusora de filamentos para la fabricación de bloques PVC-PET reciclados para eco-viviendas se fundamenta en preexistentes investigaciones y avances tecnológicos. En el campo de la gestión y manejo de residuos, la constructora ha dado lugar a muchas iniciativas relacionadas al reciclaje de plásticos para una construcción sostenible.

Los autores concluyeron que es posible utilizar PVC y PET en la fabricación de bloques de construcción sin problemas, lo que facilita considerablemente el uso de estas tecnologías. Por otro lado, las estructuras construidas a partir de materiales reciclados permiten dar una reducción considerable a los costos que existen de material virgen. La integración del prototipo de extrusora ayudará a ver muchos de estos

parámetros y a realizar cambios en el proceso que permitan aumentar la calidad del producto final (Biec et al., 2020).

En Alemania, el estudio “Una revisión científica sobre varias extrusoras de pellets utilizadas en procesos FDM de impresión 3D”, se analizan los diferentes tipos de extrusoras para impresiones 3D, hallando las extrusoras que son adecuadas para las impresiones 3D y realizando la comparativa con las extrusoras de filamentos y pellets (Sicnova, 2024). El conocimiento de este estudio ayudará a elegir entre una extrusora de pellets y una extrusora de filamentos para la elaboración de los bloques sostenibles. Por tal motivo, debido a la demanda de producción de bloques sostenibles y para dar solución a problemas prácticos, se emplea un prototipo de máquina extrusora, el mismo que se encuentra en diversos estudios realizados a nivel mundial.

El estudio realizado en India denominado “Desarrollo de una extrusora a escala de laboratorio para producir filamentos de materia prima para impresión 3D utilizando termoplásticos reciclados”, destaca un modelo por deposición fundida para aplicaciones en impresoras 3d, el cual nos proporciona información sobre una extrusora de filamentos a escala de laboratorio utilizando desechos plásticos y polímeros vírgenes (Gaibor & Loja, 2024). En este contexto, es importante destacar las materias primas baratas que tienen un impacto satisfactorio para las personas y el medio ambiente.

Un estudio realizado en Finlandia denominado “El modelado de procesos de extrusión de polímeros: una revisión”, menciona que, los procesos de extrusión son ampliamente utilizados en industrias que buscan brindar soluciones avanzadas a los requisitos cada vez más complejos de las industrias del plástico, alimentos y farmacéutica (Castro, 2023). Actualmente, es importante resaltar que facilitaría en un uso más eficiente de la extrusión en cuanto a la fabricación de productos industriales.

En Canadá, el estudio “Extrusión reactiva como alternativa sostenible para el procesamiento y valorización de componentes de biomasa”, se enfoca en la extrusión reactiva como método sostenible, donde la extrusión reactiva resulta beneficiosa debido a su capacidad para combinar eficazmente los procesos de deconstrucción física y química (Aimplas, 2022). Este artículo comprende el uso que puede tener la máquina extrusora y los componentes que se pueden utilizar para poder tener un mejor cuidado del ambiente.

En México, el estudio “Diseño y construcción de extrusora de PET reciclado”, resalta que se diseñó y se construyó una extrusora para producir el producto final a partir de tereftalato de polietileno y se implementó un método termomecánico para obtener los datos que necesitan la computadora y la extrusora (de Luna et al., 2022). Este artículo da a conocer que se pueden usar materiales reciclados para producción de filamentos que pueden ser emplearse para fines industriales.

En Colombia, el estudio denominado “El Uso De Plástico Reciclado Para El Desarrollo Materiales De Construcción No Estructurales”, menciona que, el cemento contamina con el 39% de CO<sub>2</sub> al planeta, siendo una solución como reemplazo de cemento al plástico para el desarrollo de materiales de construcción no estructurales (Meza et al., 2022). Por tal motivo, el plástico es la solución para la creación de bloques ecológicos y amigables para el medio ambiente.

Por otro lado, se destaca que, en Perú, se reúsan solo el 1.9% total de residuos transformándolos en plásticos reciclados en materiales de construcción por medio de máquinas extrusoras (Sánchez et al., 2022).

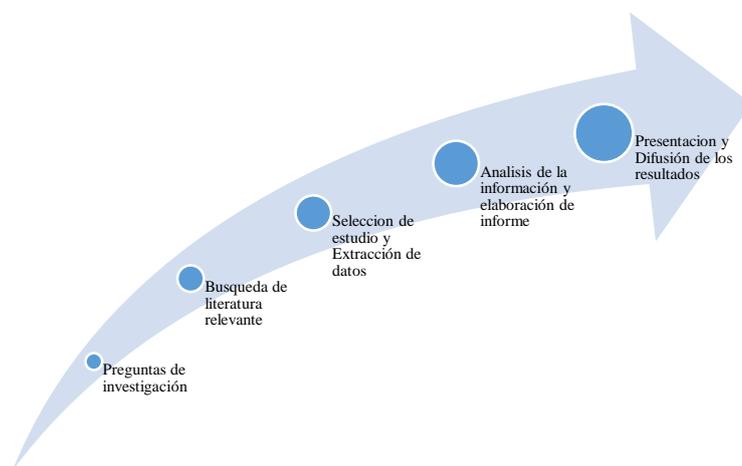
El estudio de Sangucho et al. (2020) elaboró un estudio en el que se ofrece una gran variedad de polímeros a través de la extrusión, destacando capacidades para procesar superiores a sus competidores sino la mezcla de PVC y PET. La extrusión se determina por la forma y las características que deben tener los productos que son destinados a la construcción. En el país Ecuador, se realizó la construcción, modelado y evaluación de una máquina extrusora que tiene como propósito obtener agregados a partir de botellas de plásticos y neumáticos reciclados, cumpliendo con las especificaciones exigidas por la norma ASTM E11 (Rivadeneira, 2021). Las extrusoras son máquinas consideradas de bajo costo en su construcción y de bajo costo en su operación para la obtención de dichos agregados, el ensamblaje de la máquina asegura un buen funcionamiento.

Por lo que la revisión técnica de la extrusión de plástico consiste en modificar el agregado a través de una matriz luego de ser calentado hasta su punto de fusión. Se obtendrá una temperatura de extrusión óptima para PVC-PET. Al mismo tiempo, se pudo determinar la temperatura de extrusión y otros factores del proceso, como la degradación térmica y la viscosidad de la masa fundida (Vásconez, 2022). Controlar estos parámetros es crucial para mejorar la eficiencia del proceso de extrusión.

## 1.2. Estado del arte

El estado del arte de este estudio proporciona un análisis exhaustivo de la investigación existente y crítica de conocimientos guardados (Masot & Selva, 2020). El estado del arte sobre el tema “Prototipo de una máquina extrusora de filamentos para producir bloques”, cuyas variables independiente y dependiente son, el prototipo de la máquina extrusora de filamentos y producción de bloques PVC-PET; en este contexto, se realiza un análisis de revisión literaria de trabajos previos, como artículos científicos, libros y fuentes relevantes; contextualizando como se ha desarrollado el conocimiento sobre el tema y cuáles son las tendencias actuales, identificando áreas que no han sido exploradas, y que se justifican ahora con nuevas investigaciones existentes dando una base sólida a este estudio; así mismo, se utilizaron gestores bibliográficos como Mendeley para organizar las referencias, colaborar con otros investigadores y generar citas en diferentes estilos; además, se indagaron bases de datos académicas, como: Google scholar, Scopus y Web of Science, para buscar artículos académicos, tesis, libros relacionados, revistas científicas y conferencias; Las etapas de la revisión de alcance de este estudio son :

**Figura 1.** *Etapas de la revisión de alcance*



*Nota.* Adaptado de *Guía para el desarrollo de una revisión sistematizada de la literatura*, por (Ariño & Pareja, 2020).

En la **Figura 1**, se muestran las etapas realizadas en la investigación mediante la revisión de alcance, la cual comienza con las preguntas de investigación, después la

búsqueda de literatura relevante (metodología de la revisión, criterios de inclusión y exclusión de estudios, fuentes de información, estrategias de búsqueda); en la selección de estudio y extracción de datos (se incluye la literatura más relevante y reciente de 5 años previos, recopila información como resultados, metodologías y hallazgos relevantes con PVC-PET); En el análisis de la información y elaboración de informe (datos recopilados para identificar patrones, tendencias y lagunas existentes en investigación, así como la calidad y relevancia de los estudios realizados. Se elaboró un informe del hallazgo de la revisión, destacando las implicaciones para investigaciones futuras, recomendaciones y conclusiones); para la difusión de resultados, se compartieron los mismos con la comunidad académica e interesados a través de presentaciones (publicación del proyecto y presentación del prototipo).

### **Preguntas de investigación**

Para iniciar una revisión de alcance se realizan las preguntas de investigación se busca proporcionar una comprensión más profunda del potencial de los bloques PVC-PET en la construcción ecológica, contribuyendo así a un enfoque más sostenible en el uso de los recursos en la industria de la construcción.

1. P1. ¿Existe literatura suficiente relacionada con la construcción de máquinas extrusoras y con la producción de bloques PVC-PET?
2. P2. ¿Qué metodología son más comunes por los autores para la creación de máquinas extrusoras?
3. P3. ¿Qué métodos y herramientas de recopilación de datos se utilizaron por los investigadores?

### **Búsqueda de literatura relevante**

En la segunda etapa, se realiza metodología de la revisión, criterios de inclusión y exclusión de estudios, fuentes de información y estrategias de búsqueda. Las palabras claves utilizadas en la búsqueda fueron “máquina extrusora” y “producción de bloque” y en inglés “extruder machine” y “block production”, las cuales están relacionadas con las variables independiente y dependiente. Para combinar las dos variables, se emplearon los operadores booleanos “AND” y “OR”. Las bases de datos académicas que se han utilizado fueron la literatura más relevante y reciente de 5 años previos, se utilizó PVC-PET para recopilar información como resultados, métodos y hallazgos relevantes que se destacaron en Google Scholar, Scielo, Redalyc, ScienceDirect,

Scopus y ResearchGate, que se consideran una gran literatura y cuyos artículos son populares en el campo (Codina, 2020).

Los criterios de inclusión y exclusión que se consideraron en la búsqueda de datos se presentan en la **Tabla 1**:

**Tabla 1.** *Criterios de inclusión y exclusión*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículos científicos, tesis de grado, maestría y doctorado.</li> <li>• Investigaciones relacionadas con las variables “máquina extrusora” y “producción de bloque”.</li> <li>• Estudios que se enfocan en el uso de materiales PVC – PET.</li> <li>• Investigaciones publicadas en los años desde el 2019 al 2024.</li> <li>• Artículos en español e inglés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículos duplicados o publicaciones no originales.</li> <li>• Documentos con acceso restringido o limitados por pago.</li> <li>• Investigaciones que no empleen materiales relacionados con PVC – PET.</li> <li>• Estudios anteriores al año 2019.</li> <li>• Investigaciones que no son de los idiomas especificados.</li> </ul>

*Nota.* En esta tabla se observan los criterios de inclusión y exclusión del presente trabajo.

En la **Tabla 1**, se presentan los criterios de inclusión y exclusión de la presente investigación, incluyendo artículos científicos y tesis de grado centradas en las variables “máquina extrusora” y “producción de bloques”, especialmente las que utilizan materiales como PVC – PET. Solo se consideraron estudios que se publicaron entre los años 2019 y 2024 en español e inglés. Por otro lado, se excluyeron artículos duplicados, así como investigaciones que no emplean PVC – PET, estudios previos al año 2019 y documentos con acceso limitado o restringido. Esto garantiza que la revisión se destaque en literatura actualizada y reciente, alineándose con las variables de investigación.

Desde un enfoque amplio de investigación se tiene que autores internacionales son sede de diversos institutos que actúan dentro del reciclaje y áreas verdes. Se han utilizado varias bibliotecas para los proyectos, tales como Google Scholar, Scopus, Redalyc, ResearchGate, siendo Google Scholar la más citada de estas.

El número total de artículos hallados en cada una de las bases de datos, son:

**Tabla 2.** Documentos encontrados en base de datos

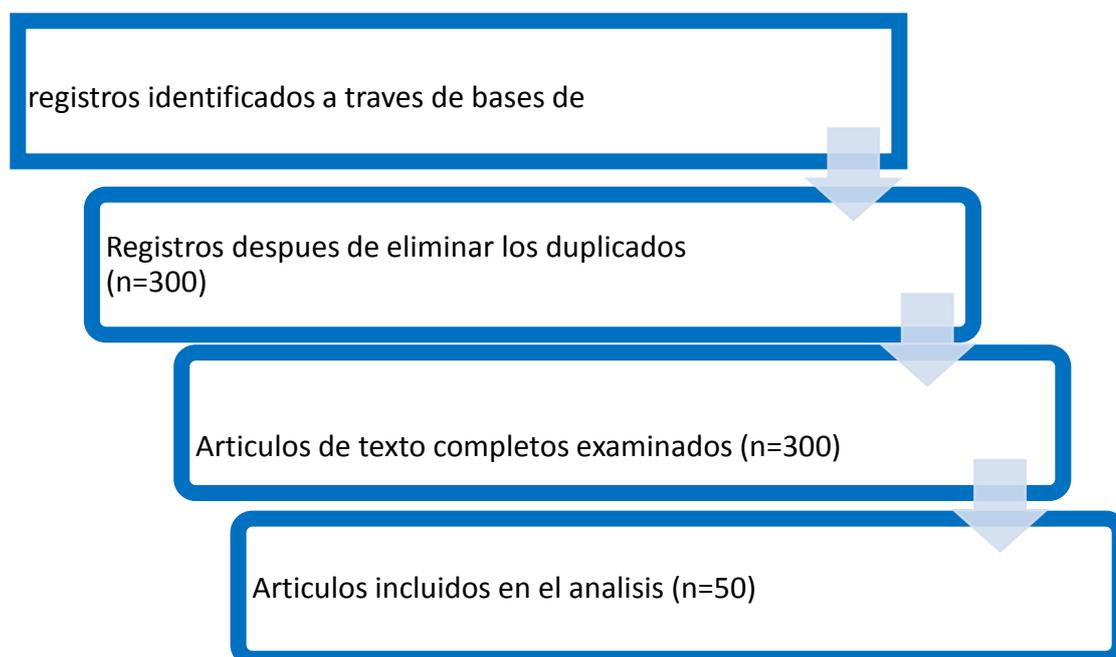
<b>Fuente</b>	<b>Artículos</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Google Scholar</b>	7700	41.08%
<b>Scielo</b>	2042	10.89%
<b>Redalyc</b>	500	2.67%
<b>ScienceDirect</b>	2700	14.41%
<b>Scopus</b>	2000	10.67%
<b>ResearchGate</b>	3800	20.28%
<b>Total</b>	18742	100%

Nota. Elaborado por los autores

En la **Tabla 2**, se muestra el número total de los artículos encontrados en las diferentes bases de datos, reflejando la cantidad de documentos que abarcan el tema de extrusoras de plástico y materiales de construcción con relación a los residuos reciclados. De las 6 fuentes que fueron consultadas, google scholar con 7700 artículos, (41.08%), Researchgate con 3800 artículos, (20.28%), sciencedirect con 2700, (14.41%), scielo con 2042 artículos, (10.89%), scopus con 2000 artículos, (10.67%), Redalyc con 500 artículos, (2.67%). En total, se hallaron 18742 artículos en total en las diversas bases de datos.

Para seleccionar los datos incluidos en los criterios de búsqueda, los investigadores utilizaron, diagramas de flujo prisma el cual fue aplicado a esta investigación.

**Figura 2.** Resultado de la selección de artículos



Nota. Elaborado por los autores

La **Figura 2**, muestra los registros identificados a través de bases de datos en total 18742, después de la duplicación, se registraron 300 artículos, se examinaron 300 artículos en texto completo y se incluyeron 50 artículos en el análisis. Se incluyeron un total de 50 artículos de todos los repositorios.

### **Resultados de los datos obtenidos de la revisión literaria de las variables**

Esto nos permitió obtener información sobre citas, títulos de artículos, artículos y su relación con las variables, como se muestra en la **Tabla 3**:

**Tabla 3.** Artículos científicos de autores, relacionados con las variables de estudio

<b>No.</b>	<b>fecha</b>	<b>artículos</b>	<b>autores</b>	<b>Bases de datos bibliográfica</b>	<b>Tipo variable encontrada</b>
1	2020	<i>The Modelling of Extrusion Processes for Polymers—A Review.</i>	(Hyvärinen et al., 2020).	Scopus	Variable independiente
2	2020	<i>Diseño de extrusora para la fabricación de filamento a base de polímeros termoplásticos utilizados en el Fab Lab de la Universidad Continental Arequipa-2020.</i>	(Cutipa & Rodríguez, 2020).	Google Scholar	Variable independiente
3	2020	<i>Realidad y expectativa sobre la construcción sostenible en Ecuador.</i>	(Mendoza, 2020)	Scielo	Variable dependiente
4	2020	<i>Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos.</i>	(Gareca et al., 2020)	Google Scholar	Variable dependiente
5	2020	<i>Evaluación de prototipo de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores.</i>	(Holguín, 2020)	Google Scholar	Variable dependiente
6	2021	<i>Design and Manufacturing of a 3D printer filaments extruder.</i>	(Hachimi et al., 2021)	ScienceDirect	Variable independiente
7	2021	<i>A scientific review on various pellet extruders used in 3d printing FDM processes.</i>	(Shaik et al., 2021)	Google Scholar	Variable independiente
8	2021	<i>Eco-house prototype constructed with alkali-activated blocks: Material production, characterization, design, construction, and environmental impact.</i>	(Robayo-Salazar et al., 2021)	Scopus	Variable dependiente
9	2021	<i>Diseño de un prototipo de bloque de plástico reciclado, para el uso en el sistema constructivo</i>	(Rengifo & Romero, 2021)	Google Scholar	Variable dependiente

		<i>de una vivienda – Tarapoto.</i>			
10	2021	<i>Polímeros reciclados "pet" en la elaboración de bloques para mampostería no portante en Bogotá.</i>	(Santafe, 2021)	Google Scholar	Variable dependiente
11	2021	<i>“Diseño y construcción de un prototipo de máquina extrusora para fundir plástico pet reciclable con capacidad de 5kg/h”.</i>	(Campos & Caraguay, 2021)	Google Scholar	Variable independiente
12	2021	<i>Diseño de un Extrusor de Impresión 3D para el Reciclado de Plástico</i>	(González, 2021)	Google Scholar	Variable independiente
13	2021	<i>Extrusora de filamentos para impresión 3d con reciclado de botellas pet-g para prácticas de prototipado en laboratorios Aunar</i>	(Coral & Izquierdo, 2021)	Google Scholar	Variable independiente
14	2021	<i>Diseño de una maquina trituradora-extrusora de residuos de impresiones 3d para la empresa ALIUM EC ubicada en la ciudad de Cuenca.</i>	(Avilez & Ochoa, 2021)	Google Scholar	Variable independiente
15	2022	<i>Home energy retrofit: Reviewing its depth, scale of delivery, and sustainability.</i>	(Saffari & Beagon, 2022)	Redalyc	Variable independiente
16	2022	<i>Extrusion-Based Technology in Additive Manufacturing: A Comprehensive Review</i>	(Patel & Taufik, 2022)	ResearchGate	Variable independiente
17	2022	<i>Instrumented open-source filament extruder for research and education</i>	(de Oliveira Filho et al., 2022)	ScienceDirect	Variable independiente
18	2022	<i>Diseño y construcción de extrusora de PET reciclado</i>	(de Luna et al., 2022)	Redalyc	Variable independiente

19	2022	<i>Modeling of Twin Screw Extrusion of Polymeric Materials</i>	(Wilczyński et al., 2019)	Google Scholar	Variable independiente
20	2022	<i>El uso de plástico reciclado para el desarrollo de materiales de construcciones no estructurales</i>	(Sánchez, Nelson, et al., 2022)	Google Scholar	Variable dependiente
21	2022	<i>Diseño de una máquina extrusora para la obtención de agregados utilizando neumáticos y botellas recicladas siguiendo la norma ASTM E11</i>	(Bastidas et al., 2022)	Google Scholar	Variable independiente
22	2022	<i>Propuesta de gestión de residuos plásticos de origen domestico como alternativa ecológica para la elaboración de bloques, en el cantón huamboya</i>	(Nayapi, 2022a)	Google Scholar	Variable dependiente
23	2022	<i>Diseño, construcción y monitoreo de extrusora de filamento con cámara reguladora de humedad usando labview</i>	(Solorzano & Toral, 2022)	Google Scholar	Variable independiente
24	2022	<i>Diseño y validación de una extrusora de filamento para impresoras 3D</i>	(Velasco & Pilco, 2022)	Google Scholar	Variable independiente
25	2022	<i>Implementación de un prototipo de extrusora de plásticos para la carrera de electromecánica de la universidad técnica de cotopaxi extensión “La Maná”</i>	(Gallo & Toaquiza, 2022)	Google Scholar	Variable independiente
26	2022	<i>Diseño y construcción de una máquina extrusora de filamentos a partir de los residuos plásticos de impresiones 3d para el grupo de investigación gideter-esPOCH</i>	(Cruz & Betancourt, 2022)	Google Scholar	Variable independiente
27	2023	<i>A Review of the Extruder System Design for Large-</i>	(Chen et al., 2023)	Google Scholar	Variable independiente

		<i>Scale Extrusion-Based 3D Concrete Printing</i>			
28	2023	<i>Recycling Waste Plastics into Plastic-Bonded Sand Interlocking Blocks for Wall Construction in Developing Countries</i>	(Kumi-Larbi Jnr et al., 2023)	Google Scholar	Variable dependiente
29	2023	<i>The use of recycled plastics in the production of building materials in the context of sustainability</i>	(Eyüboğlu & Yanılmaz, 2023)	ResearchGate	Variable dependiente
30	2023	<i>Ventajas del uso de termoplástico posconsumo en la construcción de cubiertas para viviendas en Colombia</i>	(Fajardo & Fonseca, 2023)	Google Scholar	Variable dependiente
31	2023	<i>Diseño e implementación de una máquina extrusora de filamento de uso general usando como materia prima botellas de plástico pet en la ciudad de loja para el periodo abril - septiembre 2023</i>	(Ramón & Vivanco, 2023)	Google Scholar	Variable independiente
32	2023	<i>Actividad 1: ¡Construye fuerte!" (2023). Tema 1: Estructura y proceso.</i>	(Young, 2023)	Google Scholar	Variable independiente
33	2023	<i>Evaluación de Bloques de Concreto Tipo P Incorporando Polietileno de Alta Densidad Reciclado</i>	(Arboleda, 2023)	Google Scholar	Variable dependiente
34	2024	<i>Prototipo de una máquina extrusora de filamento para impresión 3d a partir del reciclado de botellas pet</i>	(Lopez et al., 2024)	Google Scholar	Variable independiente
35	2024	<i>Towards innovative and sustainable buildings: A comprehensive review of 3D printing in construction</i>	(Hassan et al., 2024)	Redalyc	Variable dependiente
36	2020	<i>Aprovechamiento del pet como estrategia de</i>	(Biéc et al., 2020)	Google Scholar	Variable dependiente

		<i>mejoramiento socio ambiental</i>			
37	2024	<i>Desarrollo de sistema de extrusión de filamento a partir de botellas plásticas para el uso en impresión 3D</i>	(Gaibor & Loja, 2024)	Google Scholar	Variable independiente
38	2020	<i>Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción</i>	(Sangucho et al., 2023)	Google Scholar	Variable dependiente
39	2023	<i>Design of a Semi-Automatic Hydraulic Extruder Machine for the Manufacture of Pastry Bricks Using VDI 2221</i>	(Nieto-Yali et al., 2023)	Scopus	Variable independiente
40	2023	<i>Extrusion and characterization of recycled polyethylene terephthalate (rPET) flaments compounded with chain extender and impact modifiers for material - extrusion additive manufacturing</i>	(Rashwan et al., 2023)	Scopus	Variable independiente
41	2023	<i>Design and Construction of a Solar Electric Plastic Extruder Machine Based on a Parabolic Trough Collector</i>	(Dena et al., 2023)	Scopus	Variable independiente
42	2021	<i>Design And Fabrication Of Extrusion Machine For Recycling Plastics</i>	(Kumar et al., 2021)	Scopus	Variable independiente
43	2021	<i>Design, Manufacture, and Performance Testing of Extrusion–Pultrusion Machine for Fiber-Reinforced Thermoplastic Pellet Production</i>	(Budiyantoro et al., 2021)	Scopus	Variable independiente
44	2021	<i>Determination of an Extrusion Machine Performance Based on</i>	(Jinescu et al., 2021)	Redalyc	Variable independiente

<i>the Working Field of the Extruder Die</i>					
45	2024	<i>Desarrollo de un prototipo de extrusora de plástico (PET) para la fabricación de madera plástica reciclada</i>	(Daza & Ortega, 2024)	Google Scholar	Variable independiente
46	2021	<i>Diseño de una máquina de termoconformados para la fabricación de filamento ABS Y PLA</i>	(García-León et al., 2020)	Google Scholar	Variable independiente
47	2024	<i>Desarrollo de un prototipo de máquina trituradora y extrusora de plástico</i>	(Benavides & Fajardo, 2024)	Google Scholar	Variable independiente
48	2023	<i>Desarrollo de una máquina extrusora de plástico reciclado para la construcción de perfiles sintéticos</i>	(Sierra & Sánchez, 2023)	Google Scholar	Variable independiente
49	2022	<i>Diseño y construcción de una extrusora para la obtención de filamento PLA reciclado</i>	(Guzmán et al., 2022)	Google Scholar	Variable independiente
50	2019	<i>Utilización de herramientas de calidad para la mejora en los procesos de extrusión de plástico</i>	(Ortiz-Hernandez et al., 2019)	Google Scholar	Variable independiente

Fuente: Elaborado por los autores

La **Tabla 3**, indica las investigaciones de los últimos cinco años acerca del diseño y uso de las extrusoras de plástico y producción de bloques, así como otros materiales de construcción sostenibles a partir de los residuos reciclados. En la fecha de publicación, el artículo cubre el período de 2020 a 2024, lo que refleja el creciente interés en la implementación de tecnologías de reciclaje de plástico y el desarrollo de soluciones para la industria de la construcción utilizando materiales reciclados. El estudio se dividió en dos categorías de variables: variable independiente que se centraron en el diseño y producción de extrusoras de plástico, y variable dependiente que evaluaron el uso de productos reciclados (como bloques o ladrillos) en proyectos de construcción.



embargo, fueron revisados aplicando criterios de selectividad, se incluyó trabajos cuyo contenido de estudios en la aplicación del diseño de experimentos en la máquina extrusora, siendo la materia prima de los bloques plástico PET-PVC, cuya información sea redactada en español e inglés. Como criterio de exclusión se tomó en cuenta estudios no realizados en un período de los últimos cinco años, las fuentes no confiables información no relacionada con la temática.

El desarrollo de Prototipo de una maquina extrusora, no solo permite minimizar el impacto ambiental mediante la construcción de bloques ecológicos amigables evitando la contaminación que genera la industria de la construcción; por otro lado, se reduce costos en las edificaciones de casa actualmente (Nayapi, 2022). Se plantea un enfoque alternativo sostenible en el sector de la construcción centrado en el aprovechamiento de residuos plásticos, como insumo principal para la fabricación de bloques PET, además no solo promueve el desarrollo de materiales ecológicos innovadores, sino que también contribuye significativamente a la reducción de residuos plásticos acumulado en la localidad, fomentando una gestión ambiental responsable y el impulso de prácticas constructivas más sostenibles.

Por otro lado, la investigación de Guzmán et al., (2022) tuvo el objetivo de la creación de un sistema de reciclaje utilizando una maquina extrusora con el fin de minimizar costos en los bloques cuyo componente ecológico sería el plástico PET.

### **Presentación y Difusión de los resultados**

La presentación y difusión de los resultados permitió responder las preguntas planteadas al inicio del estado del arte:

P1. ¿Existe literatura suficiente relacionada con la construcción de máquinas extrusoras y con la producción de bloques PVC-PET?

Se menciona que existen 18,742 artículos y ponencias que hablan de la construcción de máquinas de extrusión que son utilizadas en la industria del plástico y compuestos, en el bloque de construcción sostenible, el uso de PET y PVC como material secundario está empezando a tener demanda (Daza & Ortega, 2024). La extrusora en sí está diseñada y fabricada para poder ser utilizada en el procesamiento de plásticos y compuestos.

P2. ¿Qué metodología son más comunes por los autores para la creación de máquinas extrusoras?

La extrusora que se fabrica lleva a cabo un ensamblaje en etapas y tiene un orden muy riguroso. Se encarga de establecer el tipo de PET y PVC que se va a utilizar y así el diseño para la extrusora se ajusta y con esta parte se utiliza un software para simulación de la máquina, esto es necesario porque antes de crear algo es necesario hacer su diseño para probar la maquina sin antes de crearla. Para luego elegir las piezas, como motores y sensores, después de ensamblar un prototipo, realizan pruebas experimentales, y ajustan y optimizan el diseño en función de los resultados obtenidos durante esas pruebas (Ramón & Vivanco, 2023). Resaltan el uso de herramienta avanzadas, como los programas de diseño asistido, que permiten simular el funcionamiento antes de construir el prototipo.

P3. ¿Qué métodos y herramientas de recopilación de datos se utilizaron por los investigadores?

Se llevaron a cabo experimentos donde la temperatura, velocidad de extrusión y presión eran variables para estudiar su influencia en el resultado. Utilizan equipos para establecer el límite de resistencia a la compresión o tensión que los filamentos o bloques pueden soportar (Cuadrado & Chaliál, 2019). Esta estrategia pone de manifiesto un esfuerzo en la acreditación del proceso de diseño y construcción de nuevos materiales elaborados a partir de residuos.

### **1.3. Fundamentos teóricos**

A continuación, se exponen los fundamentos teóricos referentes al tema propuesto, abarcando teorías y conocimientos previos que sustentan las variables.

Variable Independiente: Prototipo de la maquina extrusora de filamento

### **Proceso de extrusión**

Es el proceso en el cual el material se empuja o se jala a través de un molde o troquel con una sección transversal específica, produciendo piezas de perfil constante. Sostienen que este método se distingue por poseer múltiples usos tales como la creación de geometrías tipo molde en algunos materiales bajo la rigurosidad medidas del mecanizado donde se obtienen piezas que se diseñan con precisas enfocadas o bien para el maquinado o en medios con un espesor intermedio.

Según (Gutiérrez & Vargas, 2017), afirman que el tiempo laboreado en la extrusión de plástico puede ser recortado si se cuenta con implementos de control de calidad y las herramientas explícitamente mencionadas. Además, el control de la calidad de los rodillos y de la programación de producción para minimizar la incidencia de errores humanos relacionados con la estimación de márgenes de tiempo en el proceso se iniciaron. Así mismo, el enfriamiento de plastificadores se ha resuelto y la presión, temperatura y velocidad del material, elementos vitales para la fabricación de filamentos de buena calidad han sido definidos. Hoy en día, la relación entre la contaminación ambiental y el reciclaje de PET se empieza a establecer, así como también la relación entre el reciclaje y un sistema más sostenible.

### **Diseño de extrusoras**

Una extrusora es una máquina diseñada para transformar polímeros plásticos aplicando calor y presión, convirtiendo el material sólido en un estado semilíquido que luego es moldeado a través de una boquilla para obtener productos de distintas formas, como tubos, perfiles o láminas (Castro, 2023).

El estudio de Gutiérrez & Vargas, (2017), a través de esta investigación explica la extrusora para filamentos de impresión 3D que utiliza tapones de polipropileno reciclados como materia prima, potenciará la calidad del producto final y disminuirá el tiempo de salida del mismo. Dada la producción constante de alta calidad y que coincide con los tamaños de formato del material necesario para la producción, las pruebas mostraron que el dispositivo sería capaz de producir filamentos de 3 mm de ancho, que están bien ajustados para la impresión 3D de deposición de fusión.

### **Prototipo de una máquina extrusora de filamentos**

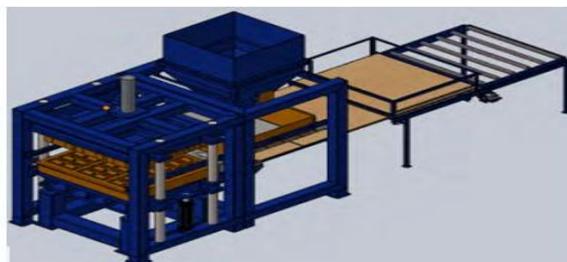
Dispositivo mecánico que transforma los materiales plásticos reciclados en filamentos, que se pueden utilizar para la producción de objetos ecológicos de construcción (Moreno & Ramírez, 2020). Un prototipo se define como un modelo inicial que utiliza residuos con el objetivo de crear un producto con mayor calidad o valor respecto al material original. Este estudio busca generar conocimiento que permita comprender la importancia del desarrollo de prototipos ecológicos dentro de modelos de producción sostenibles y proporcionar información útil sobre el diseño.

Este es el prototipo de extrusora; funciona con un dispositivo que utiliza la experiencia en reciclaje y extrusión para transformar PVC y PET en filamentos para impresión 3D (Flores, 2020).

El trabajo de Andreia & Jiménez, (2019) un prototipo puede adoptar la forma de un producto o servicio diseñado para evaluar la viabilidad de su producción, comercialización o transferencia al mercado. Asimismo, los prototipos constituyen el punto de partida para el perfeccionamiento y adaptación de futuros modelos, según las demandas del mercado.

El trabajo de Caicedo & Restrepo, (2020) desarrolló el diseño de una máquina destinada a la fabricación de adoquines utilizando residuos de construcción, cumpliendo con las especificaciones establecidas por la norma NTC para los bloques. Además, se evaluó la capacidad de la máquina para producir ladrillos, incluyendo, las pruebas físicas y mecánicas pueden determinar la presión de trabajo requerida para su funcionamiento.

**Figura 4.** *Máquina compactadora*



Fuente. Obtenido de *Caicedo & Restrepo, (2020)*

**¿Cómo funciona el extrusor?**

Primero, se transforma el plástico (como policloruro de vinilo), polietileno, poliestireno, etc; se agrega en forma de polvo o pellet al extrusor por la tolva, donde la forma es como un embudo; el polímero alimenta al extrusor, transportándolo por el tornillo o husillo (Flores, 2020).

El husillo posee espirales que permiten que gire el material y se empuje por estas mediante el cilindro con una velocidad uniforme; mientras el material se mueve a lo largo del husillo, incrementan la temperatura y presión dentro del extrusor, por lo que el material empieza a cizallarse, haciendo que se vuelva compacto; el polímero se plastifica gracias al calor que genera la fricción del husillo al girar y de igual manera, brindando por las resistencias eléctricas localizadas en el exterior del cañón, conocidos como calefactores (Flores, 2020).

El tornillo se mantiene en una rotación continua y el flujo es paciente como un remolino. El material fluye desde el cabezal hasta la placa de ruptura, encontrando allí su destino. Esta última incorpora una boquilla con aberturas preconfiguradas para dar forma al polímero final. Si la boquilla tiene una forma anular, se obtienen productos en forma de tubos; si es una rendija larga, se producirá una película plana o lámina, y si la boquilla tiene múltiples agujeros pequeños, se formarán filamentos; al salir del dado, el producto obtenido se enfría al entrar en contacto con agua, aire o rodillos metálicos, y puede ser moldeable, ya sea al enrollarlo, estirarlo o cortarlo según las dimensiones necesarias (Flores, 2020).

Las extrusoras de doble husillo permiten una mezcla óptima del relleno y del polímero utilizado, ya sea aditivo, relleno de refuerzo, mineral o pigmento, etc. El tornillo, simple o doble, es la parte más importante del extrusor. Sus diseños varían dependiendo de las propiedades del material, permitiendo que los polímeros se fundan a diferentes temperaturas. El eje suele dividirse en tres zonas en función de las funciones que desempeñan (Flores, 2020).

- **De transporte o alimentación:** Es donde se alimenta el plástico o resina y las cargas a usar.
- **De compresión:** Se realiza la fusión del material y los componentes son mezclados.

- **De dosificación:** Se presenta el bombeo y salida de los materiales.

El diseño de los husillos depende de los materiales que van a utilizarse; por ejemplo, si un material tiene un punto alto de fusión, implica que se tardará mayor tiempo en plastificarse, porque su zona de compresión será más larga; por ende, se concluye que el husillo se diseña en función de propiedades de flujo acerca de los polímeros (Flores, 2020).

### **Ventajas**

El gran beneficio de este proceso es que se pueden obtener diversos tipos de productos listos para su utilización final, de manera inmediata después de su procedimiento; mediante esta tecnología es posible obtener productos de diferentes formas, colores, tamaños, texturas y características dependiendo de los ingredientes utilizado (Díaz, 2023). Otra ventaja es que los productos elaborados con esta tecnología pueden reciclarse y transformarse nuevamente en bienes de valor agregado (Díaz, 2023).

### **Tipos de procesos de extrusión de plásticos**

Deliberadamente existen diversas operaciones de moldeo de plástico sin embargo algunos conceptos básicos fijos e indiscutibles han de seguir siendo: el tipo de proceso de extrusión de plástico depende de la exactitud y complejidad de la forma principal y esto significa que las categorías están diseñadas para procesar o no los modelos complejos con ciertas limitaciones (Díaz, 2023).

A continuación, se enumeran los principales tipos de este proceso que utilizan actualmente los fabricantes industriales (Díaz, 2023):

- **Extrusión de tubería:** La extrusión de los tubos sigue el mismo proceso de extrusión de plástico hasta sección de cabezal o dado. Este proceso es de aplicación para la producción de tubos y elementos huecos como son los tubos largos y las tuberías, a la vez es adecuado para la fabricación de sorbetes y tuberías médicas.

En la obtención de secciones huecas, el extrusor inserta un pasador o mandril dentro del dado, en combinación con la inyección de presión positiva a las

cavidades internas por intermedio del pasador. En situación con muchos agujeros en la pieza, los fabricantes insertan más de un pasador en el centro de los cabezales y la cantidad de pasadores depende de los agujeros que se requieran. Además, el "sostenimiento" de los pasadores en tal caso normalmente viene asistido por una instalación independiente, permitiendo variar el tamaño de cada agujero.

- **Extrusión de película soplada:** Es un método que ha permanecido como el más utilizado en la elaboración de productos como las bolsas de la compra. Al igual que la extrusión de tubos, el cabezal es la diferencia principal entre la extrusión de película soplada y extrusión normal.

Bajo consideración el extrusor de película soplada, las partes que lo componen lo son: el troquel el cual es un cilindro vertical con abertura de forma circular que varía desde unos centímetros hasta más de tres metros de diámetro. A continuación, a través de los rodillos de presión, se sacará hacia arriba el plástico fundido desde el dado.

Los rodillos suelen ubicarse por encima del troquel a una distancia de cuatro a veinte metros; la altura exacta de los rodillos suele ser de presión dependiendo de la cantidad de enfriamiento requerido. Así mismo, la velocidad de rodillos de presión establece el espesor de la pared o calibre de la película; es decir, a medida que la película asciende, el anillo de aire alrededor del dado ayuda al enfriamiento.

El desahogo en la región media del molde provoca que el aire comprimido sea bombeado al centro del perfil de plástico extrudido con el objetivo de formar una burbuja y, en consecuencia, expandir la sección transversal de este último de forma proporcional al plástico circular extrudido. Dicha proporción también se llama relación de inflado y puede variar desde unos porcentajes bajos hasta más del 200 % del diámetro original.

Finalmente, los rodillos de presión contribuyen con aplanar la burbuja que se produce en una película de doble capa con ancho que equivale a la mitad de la circunferencia de dicha burbuja; esta película de doble capa posee varios usos, desde cortar en distintas formas hasta imprimir o enrollar.

- **Extrusión de láminas:** Este proceso es bastante semejante a la extrusión de película soplada, pero la diferencia es que la creación de la forma que se desea influye mucho. En esta clase de extrusión, se necesita un proceso de estirado y laminado logrando la forma requerida, incluyendo establecer la textura de la superficie de la lámina, así como el grosor. Para fabricar se emplea un dado plano o cabezal; posterior a la extrusión se encuentra un rodillo que va halando, enrollando y enfriando la lámina que se conformó.

El proceso de laminado asegura que el producto adquiera la forma que se desea, y por lo tanto su enfriamiento o solidificación permanente se torna fácil.

- **Sobre – extrusión:** Este tipo de extrusión plástica es adecuado para producir cables de aislamiento; en este método, el objetivo es cubrir el material con una manguera plástica mediante dos cabezales de extrusión plástica a través de los cuales se ajustan el aislamiento, cabezal de presión y revestimiento a los cables.

Si se requieren un contacto muy estrecho o adherencia entre el material y el cable entonces, sí, el cabezal es aceptable, pero si tal intimidad y contacto no son requeridos entonces sí, el cabezal de coberturas es el correcto.

La diferencia fundamental entre estas clases de herramientas radica en la posición del pasador con relación al troquel, cuando el pasador sale en una de las herramientas de recubrimiento.

Por otro lado, el extremo del pasador se retiene dentro del cabezal cruzado para la herramienta de presión, lo que significa que el plástico fundido protege el cable mientras aún está en el molde; la presurización ocurre cuando el cable y el plástico fundido son forzados fuera del cabezal.

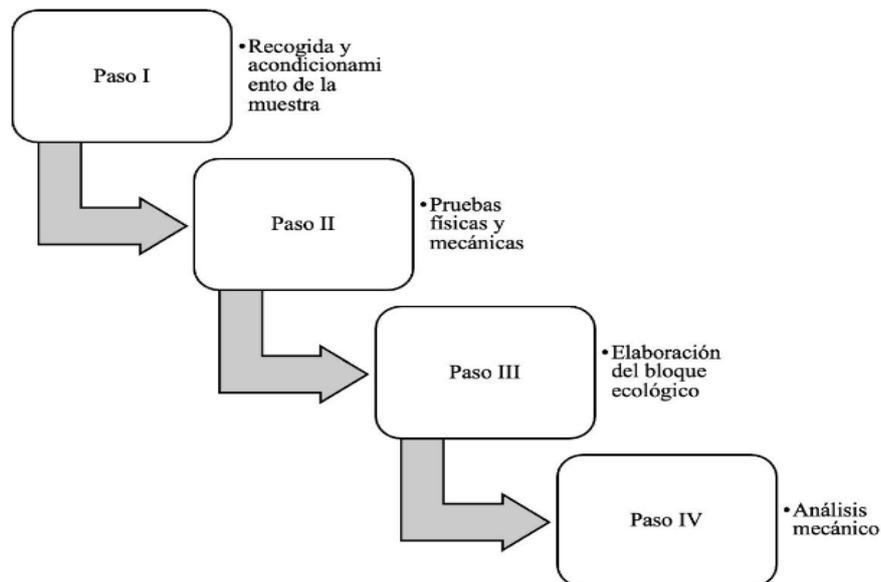
**Variable Dependiente:** Producción de bloques PVC-PET

## Ladrillo ecológico

El estudio de Piñero & Herrera, (2018) se enfocó en el desarrollo de bloques ecológicos basado en la reutilización de plásticos PET procedentes de la provincia de santa elena, debido a que actualmente el bloque ecológico se considera como un excelente aislante de frío y calor exterior permitiendo significativas disminuciones de costos en la construcción de viviendas y edificaciones, además de la reducción de gastos de energía.

El estudio de Dueñas & Liliana, (2024) presentó la siguiente metodología para la realización de este trabajo de investigación, con el propósito de cumplir el objetivo del estudio.

**Figura 5. Metodología para la fabricación de bloques ecológicos**



Fuente. Obtenido de Dueñas & Liliana, (2024)

## Polímeros

Los polímeros corresponden a una clase de macromoléculas caracterizadas por la repetición de una unidad básica llamada monómero a lo largo de toda su estructura. Los monómeros son pequeñas partículas que como si fuera un lego se unen unas con otras por un medio químico llamado polimerización y esto origina la formación de polímeros. El estudio de estas macromoléculas en su concepto más amplio incluye los materiales biológicos como los materiales sintéticos. Dentro de los polímeros de origen biológico se encuentra celulosa, almidón, grasas y ácidos

nucleicos en su forma de polímeros naturales.

Gracias a los avances tecnológicos, se han desarrollado polímeros sintéticos que poseen diversas propiedades mecánicas. Estos materiales se pueden clasificar de manera general, como se detalla en la **Figura 6**.

**Figura 6.** Clasificación de los polímeros sintéticos



Fuente. Quitiaquez 2021

## Plásticos

Se considera que existen 2 grandes categorías de plásticos, plásticos de uso general y plásticos de ingeniería (Campos & Caraguay, 2021). Por ejemplo, los plásticos de uso general se caracterizan por producirse en grandes cantidades y a bajo coste y están conformados por envases, juguetes, utensilios, entre otros.

Los plásticos de ingeniería, en cambio, se venden en pocas cantidades y son más caros debido a que están considerados como polímeros avanzados cuyo potencial se basa en poseer características o propiedades específicas que permiten su integración en aplicaciones tecnológicas futuras.

## Materiales plásticos

El tereftalato de polietileno (PET) es un plástico que se obtiene por polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol (1,2 bromoglicol). Este puede ser considerado un material de altas prestaciones ya que puede ser procesado mediante varios métodos tales como la extrusión, inyección o termoformado en productos como envases o botellas que requieren alta claridad o transparencia (Rojas, 2024). En la actualidad existen métodos para reducir su impacto como su reciclaje y reutilización; el desarrollo de tecnología como el prototipo de extrusora le da un segundo uso en aplicaciones como la construcción y por tanto su extendido.

Recientemente se ha demostrado que, a pesar de la gran importancia del tema de la extrusión, en algunas partes no ha sido cultivada como debería. Para poder corregir esta debilidad se están enfocando en campañas que enseñen a estudiantes y empresarios sobre los beneficios de la extrusión y el uso de materiales reciclados. Se busca también construir una máquina que permitía la extrusión de termoplásticos como el polipropileno, lo que a su vez permite que otros materiales más amigables con el medio ambiente sean usados en más industrias.

## **PVC – PET**

El PVC (policloruro de vinilo) y el PET (polietileno tereftalato) son dos polímeros usados en la industria porque poseen propiedades químicas y físicas, resistente a la intemperie y fácil de procesar, lo que lo hace una materia común de la construcción (Envaselia, 2022). En contraste, el PET es uno de los materiales más reciclables, de gran resistencia, mecánicamente válido, transparente y de gran variedad de usos, desde fibras o incluso rígidos (Plastecnicos, 2020). Varios estudios académicos han demostrado que los compuestos de PVC-PET son altamente efectivos, estructuralmente estables, resistentes a la intemperie y duraderos, además de tener excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico (Solerpalau, 2024).

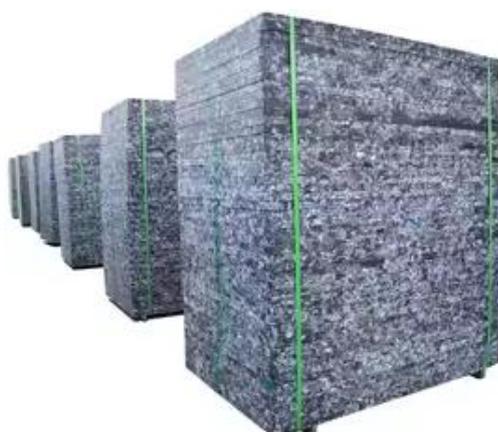
La necesidad de obtener viviendas sostenibles se ha vuelto una prioridad a nivel mundial, debido al continuo crecimiento poblacional y la crisis climática que ha venido anticipándose, como consecuencia de la contaminación ambiental gracias a gran parte de los residuos plásticos, que genera una huella de metano perjudicial para reducir el calentamiento global de la tierra, siendo también uno de los causales del efecto invernadero (WWF, 2022).

De igual manera, teniendo en cuenta esto, es posible aprovechar el alto consumo del plástico y darle un uso práctico, centrándose en las características del material PVC que contiene 57% de cloruro y 43% de etileno obtenido del petróleo, aislante térmico. Las características y propiedades del PET (tereftalato de polietileno), tiene buena resistencia química y alta cristalinidad y transparencia, entre otros; además, las botellas de plásticos pueden durar hasta 450 años en degradarse, siendo muy buena barrera de CO<sub>2</sub>, aceptable a oxígeno, humedad 100% reciclable, alta resistencia al desgaste y corrosión, ligero para construcciones livianas y durables (Cárdenas, 2019).

Dando la oportunidad de producir bloques ecológicos con este material PVC-PET comunes en envases y productos de consumo y su acumulación en vertederos y ecosistemas naturales, causa graves impactos ambientales (Greenpeace, 2019). Como resultado, se minimiza uno de los desafíos más significativos que enfrenta el mundo moderno, la gestión de residuos plásticos, la construcción sostenible y derecho de tener una vivienda asequible mediante generar bloques ecológicos con base de PVC-PET.

### **1.3.1. Bloques PVC**

**Figura 7. Bloques PVC**



*Nota.* Adaptado de *Bloques PVC*, por Alibaba 2024, Alibaba ([https://s.alicdn.com/@sc04/kf/Hdd32b212d2894508a1aea89c8d71b6bf1.jpg\\_300x300.jpg](https://s.alicdn.com/@sc04/kf/Hdd32b212d2894508a1aea89c8d71b6bf1.jpg_300x300.jpg)).

PVC es la sigla derivada de policloruro de vinilo, siendo perteneciente a una familia extensa de materiales que se denomina polímeros; estos materiales poseen como denominador común el formarse por macromoléculas llamadas monómeros, por medio de un proceso químico conocido como polimerización; dichas moléculas se alinean en cadenas largas dando lugar a un material nuevo llamado polímero (Rehau, 2022).

### **Propiedades y características de PVC**

Existe una gran cantidad de polímeros dentro de los cuales se encuentra el PVC; su composición particular, con un mayor porcentaje de sal común o cloro que

de petróleo o etileno, confiere a unas propiedades únicas; así mismo, dentro de los polímeros, el PVC es clasificado como un termoplástico, o dicho en otras palabras, es el materiales que se puede cambiar mediante la temperatura; de forma precisa, es una de las propiedades que más se valoran del PVC; de modo que su capacidad termoplástica permite el modelado de formas infinitas o soldarlo, al someterlo a una determinada temperatura; una vez que se enfría, el PVC recupera su resistencia y solidez manteniendo el formato nuevo (Rehau, 2022).

Durante su procesado, se añaden distintos tipos de aditivos al PVC, dependiendo de la función o cometido que se deba realizar el componente, antes de confeccionar el producto final; la combinación correcta de dichas sustancias permite la aplicación del PVC en un sinfín de utensilios y aplicaciones utilizadas en todos los ámbitos, desde donde se necesita una higiene máxima, como tuberías para conducción de agua potable o bolsas empleadas para almacenar sangre o hemoderivados (Rehau, 2022).

El PVC es un material valorado por profesionales del área de la construcción por ser un conductor malo, es decir, por su aislante capacidad; lo que lo hace perfecto para su uso en placas aislantes, perfiles, fundas de cable eléctrico, suelos de exterior e interior, entre otros (Rehau, 2022).

Más allá de sus propiedades aislantes y su versatilidad, el PVC se reconoce por su durabilidad, de modo que se clasifica como un producto de larga vida útil, con el periodo de utilización de hasta 50 años; cuando se emplea en la fabricación de ventanas (Rehau, 2022).

### **1.3.2. PET**

**Figura 8.** *Bloques PET*



*Nota.* Adaptado de *Bloques PET*, por Reto Kommerling 2022, Reto Kommerling (<https://retokommerling.com/ladrillos-de-botellas-pet-para-edificios-verdes/>).

Es un polímero plástico monoetilenglicol elaborado en distintos formatos y que se puede transformar a través de diferentes procesos de extrusión, termoformado o inyección; actualmente, el PET es el termoplástico más resistente y rígido del mercado, siendo la cristalinidad y transparencia una de las características más relevantes (Estació, 2021).

### **Características del PET**

El PET pertenece al grupo de materiales sintéticos que se denominan poliésteres y que es una clase de materia prima plástica que deriva del petróleo fue descubierto por científicos británicos en el año de 1941, quienes patentaron como polímero para fabricación de las fibras; este material tiene las siguientes características, que lo han hecho ser un material bueno y práctico para construcción (Leonardo GR, 2022).

- Procesado por inyección y extrusión, siendo apto para producir botellas, frascos, láminas, películas, piezas y planchas.
- Transparencia y brillo con el efecto de lupa.
- Propiedades mecánicas excelentes.
- Barrera de gases.
- Biorientable y cristalizable.
- Esterilizable por óxido de etileno por gamma.
- Costo y performance.
- Liviano.

### **Proceso de reciclaje**

La disminución de nuestra huella ecológica lo constituye, como bien se dijo al inicio, el reciclaje. Este consiste en la recolección, clasificación y el tratamiento de

bienes o materias a ser reciclados con el fin de minimizar la cantidad de nuevos recursos no renovables que tienen que ser extraídos (Greenpeace, 2019).

Por ejemplo, en el reciclaje de papel, el material recolectado se clasifica, se limpia para eliminar tintas y otros contaminantes, y luego se tritura hasta convertirse en pulpa, que es reutilizada para fabricar productos como papel higiénico, periódicos o cartón. En cuanto al reciclaje de plásticos, estos se separan por tipo, se lavan, trituran y funden para obtener pellets, que luego se emplean en la creación de envases, juguetes, y otros productos de plástico.

El reciclaje de vidrio se hace además de la manera en que normalmente se recicla: recogido, limpio, quebrado para luego fundirse y hacerse nuevos envases. Por otro lado, se utilizan procesos más complejos, como el reciclaje orgánico que consiste en la extracción de nutrientes de residuos alimentarios y el reciclado de equipos electrónicos que revitaliza materiales robustos desmontando y clasificando partes de dispositivos electrónicos.

### **Afirmación de calidad**

El control dimensional es una metodología en esencia reiterativa que busca garantizar que los productos puedan responder a especificaciones geométricas bien definidas y límites establecidos. Este método permite la verificación y calibración de cada pieza, equipo o aplicación de una estructura garantizando el correcto funcionamiento y la calidad del producto final. Actualmente hay herramientas avanzadas en este momento, como escáneres 3D, que ayudan a observar los procesos en tiempo real, lo que a su vez ahorra costos, elimina la necesidad de modelos de control y proporciona una ventaja sobre limitaciones comunes como manchas o defectos en la superficie

Han mejorado en gran medida las verificaciones de calidad de los procesos de fabricación por el avance de estas tecnologías, las cuales facilitan un control tan directivo que se garantiza que cada uno de los componentes cumple con las normas de calidad requerida antes del ensamble o entrega al usuario final (Arboleda, 2023).

### **Percepción sobre la actual gestión de residuos.**

Se refiere a como la comunidad valore y responde a las prácticas de manejo de desechos, lo que está influenciado por factores como el conocimiento, la constancia ambiental (Mejía, 2020).

### **Impacto ambiental percibido de los residuos de plásticos.**

El plástico no biodegradable se convierte en uno de los focos de contaminación en los ecosistemas y junto a la vida silvestre. De esto se deduce que hay que reducir el consumo, el riesgo está en el uso de prácticas que fomenten mayor reciclaje.

### **Conocimiento sobre reciclaje de los plásticos.**

Es la comprensión que las personas tienen sobre el tipo de plásticos reciclables, el proceso de reciclaje y el impacto ambiental de estos materiales.

### **Nivel de conocimiento sobre reciclaje de plásticos.**

Se enfoca en el estudio de las clases de plásticos que se pueden reciclar y las formas en que se puede hacer recorte en el daño al ambiente tras este ejercicio.

### **Expectativas sobre implementación de la máquina extrusora.**

Involucran en mejorar la eficiencia en el empleo de productos reciclados y en decrementar los costos y desperdicios. Se anticipa que esta tecnología no solo mejorará el proceso de producción de bloques de construcción sostenible, pero también ayudará en las actividades más verdes usando reciclados en plásticos como insumos en la construcción de fuertes materiales.

### **Cantidad de plástico reciclado por la comunidad universitaria.**

Representa el compromiso y la intervención de los estudiantes y del personal para que el daño al medio ambiente se minimice. Este esfuerzo es normalmente reflejado en el trabajo de recolección y reciclado de plásticos - el reciclado de plásticos, y los volúmenes de plásticos recogidos se utilizan para medir el desempeño en sustentabilidad dentro del campus.

### **Desafíos de implementar una máquina extrusora.**

Aporta retos como la adecuación de maquinaria para el tratamiento de plásticos reciclados, la capitalización en el mantenimiento y funcionamiento de la tecnología, la formación del personal que operará en su correcta utilización.

### **Nivel de apoyo hacia la implementación de la máquina extrusora.**

Se determina por el nivel de apoyo y comprensión brindado por la comunidad cuando se les informa sobre una tecnología capaz de ahorrar materiales de construcción y reducir desperdicios. Se puede notar que la apreciación sería alta cuando esta tecnología se comprende de manera integral.

### **Conocimientos sobre las tecnologías de reciclaje.**

Es un nuevo término que describe procesos y métodos que se utilizan siempre para llevar a cabo la remodelación de materiales desechados con un propósito determinado que reduciría la degradación ambiental y promovería la economía circular.

### **Familiaridad con tecnologías sobre reciclaje.**

Involucra el conocimiento de herramientas y procesos como el reciclaje mecánico y químico que ayudan en la utilización de materiales de desecho. Esta zona de conocimiento permite una comprensión concreta de las tecnologías y sus beneficios y su papel para reducir la contaminación y apoyar empresas exitosas en una economía circular, aunque el nivel de comprensión difiere según la exposición a la educación sobre el medio ambiente y la información relacionada con dichas tecnologías.

### **Opinión sobre eficacia de las tecnologías existentes.**

Hay muchos que piensan que las tecnologías han cumplido su propósito de minimizar el desperdicio y reutilizar residuos, pero tienen algunas limitaciones, especialmente en el servicio que refleja en gran medida la industria de la gestión de residuos.

### **Tamaño y peso de bloque**

Son factores importantes que determinan su facilidad de manejo y su adaptabilidad en proyectos de construcción ecológica, además de contribuir a la estabilidad estructural de las edificaciones (Santafe, 2021).

### **Calidad de los bloques**

Está estrechamente relacionada con la consistencia del proceso ya que cualquier variación en la temperatura, la velocidad del husillo o control de material puede afectar la homogeneidad y la resistencia de los bloques.

### **Durabilidad**

En sus términos más simples, considera la capacidad de la estructura para desempeñarse dentro de los parámetros requeridos para calificar los elementos de construcción como funcionales, es un requisito fundamental que garantiza la construcción de edificios duraderos y de larga duración (Castañón, 2023).

### **Resistencia a la humedad**

Es uno de los aspectos centrales que garantiza su aplicabilidad en diferentes entornos y condiciones climáticas, mejorando así su longevidad en el uso de prácticas de construcción ecológicas.

### **Impacto Ambiental**

Implica maximizar los beneficios y minimizar el uso de recursos, así como adoptar estrategias que sean amigables con el medio ambiente; todo esto mejora positivamente los procesos de construcción al aumentar la eficiencia general del proceso.

### **Reciclabilidad de los bloques**

Al final de su vida útil pueden ser reusados o reciclados, contribuyendo así a lograr un ciclo de vida más ecológico de los materiales de construcción

### **Cantidad de plástico reciclado en la producción.**

Es un indicador clave de la contribución de esta tecnología a la reducción de residuos y el aprovechamiento de materiales reciclable.

## **Opinión sobre la importancia de participar en proyectos de reciclaje.**

Es vista de manera positiva por la comunidad ya que permite contribuir a la sostenibilidad y reducir la contaminación generada por residuos de plástico.

### ***1.3.3. Materiales reciclados en la construcción***

El uso de materiales recuperados en la construcción ha surgido como una de las principales estrategias para fomentar el desarrollo sostenible dentro del sector (Igua & Gil, 2018). En este estudio, el reciclaje de plásticos como PVC y PET se ha contemplado dentro de las estrategias para la construcción ya que, además de aportar significativamente a la reducción de residuos, disminuye la demanda de recursos vírgenes. Estos materiales presentan resultados mecánicos que se pueden considerar apropiados para ser utilizados en aplicaciones estructurales y no estructurales en obras de construcción (Díaz, 2021). El aprovechamiento de estos materiales es de gran utilidad por su propiedad mecánica y ayuda al uso de materiales reciclados virgen de este modo promoviendo la economía circular y disminuyendo la huella ecológica.

### ***1.3.4. Construcción ecológica***

La construcción verde se concentra en alternativas que reduzcan el impacto ambiental causado, maximicen el uso de medios y recursos disponibles y promuevan el bienestar. Este enfoque no solo considera los materiales utilizados, sino también la eficiencia energética y el ciclo de vida de los edificios (Acosta, 2009). La incorporación de bloques producidos a partir de PVC-PET en la construcción puede proporcionar propiedades adicionales, como resistencia a la humedad y durabilidad, lo que resulta en edificaciones más sostenibles. Es importante mencionar que los bloques producidos serán a partir de una matriz, donde se encuentran descritas en el **Anexo 1**.

### ***1.3.5. Impacto ambiental y beneficios económicos***

La tecnología del uso de plástico reciclado en la construcción es razonable no solo en términos del medio ambiente, sino también entre en términos económicos. La reducción de los volúmenes de residuos y la utilización eficaz de los materiales permitirán reducir el costo de la construcción y aumentar la competitividad en el mercado (Hernández Espindola et al., 2024). Después de todo, al mismo tiempo,

disminuir los costos y estabilizar la situación del valor de los activos reciclados, las empresas que los recojan podrán vender sus productos a un precio más atractivo.

### **1.3.6. *Proceso de extrusión de plásticos reciclado***

La extrusión es el proceso industrial de fundir y moldear plástico a un flujo constante de fuerza y presión, obteniendo la manera deseada de diverso polímero para su aplicación final; por medio de esta técnica, se obtienen productos de una excelente calidad como películas para bolsas de plástico, embalaje, tuberías de drenaje y agua, filamentos, mangueras para jardín, envases, entre otros (Moreno & Ramírez, 2020). La extrusión es clave para fabricar productos de plástico de calidad, este proceso optimiza el uso de materiales, y al incluir reciclados, impulsa practicas más sostenibles.

### **Ventajas de la construcción ecológica**

A continuación, se destacan las ventajas de la construcción ecológica (Poyatos, 2023):

**Tabla 4.** *Ventajas de la construcción ecológica*

<b>Ventaja</b>	<b>Descripción</b>
Mejor calidad de aire interior	Posee un gran impacto en la salud humana.
Imagen corporativa ecológica	Se insta a empresarios a aprovechar la imagen ecológica corporativa construyendo responsablemente con el medio ambiente para impresionar a la clientela, accionistas y socios comerciales.

Salud	Se opta por la salud, seguridad y comodidad para todos los residentes.
Optimización de energía	La optimización de energía y reducción en el consumo energético.
Productividad	Existe una productividad mayor de los ocupantes.
Construcción ecológica	La construcción ecológica minimiza el uso de los recursos naturales y reduce costos de operación.
Edificación ecológica	La edificación ecológica no es solo una tendencia, sino, una decisión para la detención del agotamiento de recursos, preservando la naturaleza para futuras generaciones.

*Nota.* En esta tabla se observan las ventajas de la construcción ecológica.

### **Impacto de la construcción en el medio ambiente**

Es fundamental en la sociedad, satisfaciendo la demanda creciente de la infraestructura y de las viviendas; no obstante, dicha actividad posee un impacto notable en el medio ambiente, por lo cual, se toman en cuenta diversos aspectos (Galileo, 2023). La construcción, aunque usualmente es asociada con impactos negativos, en el medio ambiente debido a la alteración de paisajes naturales y generación de los residuos, también tiene un lado positivo en cuanto a la sostenibilidad (Galileo, 2023).

Los avances en tecnología y diseño permitieron que las construcciones nuevas sean más eficaces en términos de recursos y energía; por ejemplo, la construcción sostenible está enfocada en minimizar la huella ambiental al emplear materiales reutilizados de las estructuras pero eficientes; así mismo, podemos afirmar que construir infraestructura como edificios modernos o diseños de energía renovable será un beneficio neto para el medio ambiente si se hace de manera que aspire a ser sostenible, porque la construcción tiene el potencial de mejorar el mundo. Esto permite la reducción del cambio climático, junto con el desarrollo de entornos urbanos más saludables (Galileo, 2023).

#### **1.4. Sectorización**

Esta investigación se centró en el impacto ambiental, destinado a la reutilización de desechos para el desarrollo de un prototipo de bloques ecológicos que minimicen los costos de construcción de las edificaciones. El desarrollo sostenible y la preservación del medio ambiente cada vez adquiere más importancia en la industria de la construcción, lo que ha llevado a una creciente interés en optar medidas respetuosas con el ambiente, de esta manera el estudio de Piñero & Herrera, (2018) analiza las propiedades físicas y mecánicas de las botellas de PET para su utilización como materiales de construcción realizando pruebas de compresión y teniendo como resultado que este material es idóneo para la construcción sostenible.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **2.1 Enfoque de la investigación**

La presente investigación se basa en un enfoque cuantitativo, dado que busca medir y analizar variables específicas relacionadas con la producción de bloques a partir de filamentos de PVC-PET reciclados (Jiménez, 2020). Este enfoque permite la recolección de datos numéricos que serán utilizados para validar la eficiencia del prototipo de la máquina extrusora.

### **2.2 Tipo y Diseño de la Investigación**

El tipo de investigación es aplicada (Zambrano, 2024). El objetivo de estas normativas es promover y orientar de forma adecuada el uso de estas tecnologías en el ámbito académico, garantizando su implementación de manera eficiente y con responsabilidad. El diseño adoptado es de tipo experimental, ya que se construirá y evaluará un prototipo de máquina extrusora. A través de pruebas sistemáticas, se determinarán las características de producción, las propiedades mecánicas de los bloques generados y el consumo energético durante el proceso de extrusión (Doria & Orozco, 2020).

### **2.3 Población y Muestra**

Los artículos del estudio consistieron en materiales de PVC y PET reciclados de proveedores locales de Santa Elena, Ecuador. Se utilizarán diferentes proporciones de mezcla (por ejemplo, 70% PVC y 30% PET) para determinar su efecto en las propiedades finales del bloque.

Con el fin de proporcionar resultados estadísticamente significativos, el estudio tiene como objetivo preparar una muestra que incluya un mínimo de 3 lotes y llevar a cabo un mínimo de 5 repeticiones para cada prueba.

## **2.4 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos**

Prototipo de Máquina Extrusora: Se diseñará y construirá un prototipo que incluirá:

- Sistema de alimentación.
- Cámara de extrusión.
- Matrices para la formación de bloques.

Evaluación de factores mecánicos: esta fase utiliza, se aplicará la prueba de compresión D695 para analizar la resistencia de la pieza que se va a producir. Este proceso permitirá identificar las propiedades del producto final, asegurando que cumpla los estándares para la construcción ecológica.

Consumo de energía: durante este proceso de extrusión, se analizará el consumo constante de la maquina en el proceso que se elabora una pieza. Para ello se utilizará un medidor de energía que se podrá conectar al sistema, para mayor facilidad del análisis del prototipo en términos de sostenibilidad.

Cuestionario de evaluación: Se realizará una encuesta a expertos en construcción para evaluar la viabilidad y aceptabilidad en el mercado de los bloques fabricados.

### **2.4.1 Procedimiento de la Investigación**

Prototipo y construcción: utilice software de diseño asistido por computadora y SolidWorks para crear un plan de prototipo para la extrusora.

Material a extrusar: se atizará material de plástico virgen de PVC-PET para la alimentación de la extrusora, estos deben estar triturados o en pequeñas proporciones.

Prueba de extrusión: una prueba de plasticidad es conducir a través de la extrusora mezcla de material diferentes y el registro de datos de producción y eficiencia energética.

Resultados de análisis: son una evolución de las propiedades mecánicas de los bloques producidos, resultados son comparables con las normas de calidad establecidas al respecto.

Estudio de viabilidad: los datos recopilados en el cuestionario se analizarán con el fin de determinar el nivel de aceptación del producto en el mercado.

#### **2.4.2 Análisis de Datos**

Los datos recolectados fueron analizados utilizando características descriptiva e inferencial: I. Descriptiva, mediante tablas y gráficos para resumir las propiedades mecánicas del filamento y la eficiencia del prototipo. II. Inferencial, se analizarán utilizando software estadístico SPSS29 para determinar la media, la desviación estándar y la comparación de las propiedades mecánicas entre las distintas proporciones de mezcla. Los resultados se presentarán mediante gráficos y tablas que faciliten la interpretación de la información.

#### **2.4.3 Método de Investigación**

El método experimental se centra en la manipulación y el control de variables para observar los efectos. Dicho método se aplicará en este estudio para determinar la eficiencia de un prototipo de extrusora y el rendimiento de bloques fabricados a partir de filamentos reciclados de PVC y PET.

#### **2.4.4 Unidad de Análisis**

La unidad de análisis en este estudio son los bloques producidos a partir de PVC-PET reciclado. Se evaluarán sus características mecánicas, el consumo energético del proceso de extrusión y la viabilidad del producto en el mercado de construcción ecológica.

#### **2.4.5 Técnicas de Recolección de Datos**

Pruebas de Producción: Se realizarán experimentos controlados para evaluar la cantidad de bloques producidos en un tiempo determinado bajo diferentes condiciones de operación de la máquina extrusora.

Pruebas de propiedades mecánicas: Se realizarán pruebas ASTM D695 en cada bloque para determinar su resistencia a la compresión, lo que ayudará en el análisis de sus propiedades mecánicas.

Monitoreo del consumo de energía: se instalará un contador de energía en la máquina para registrar el consumo eléctrico de la máquina durante la prueba de extrusión para estimar el uso de energía.

Cuestionario de evaluación: las competencias de un experto en construcción se cuantificarán utilizando un cuestionario para determinar la preparación y aceptación del producto en el mercado, su adaptación al mercado, nivel de competitividad, etc.

#### **2.4.6 Instrumentos de Recolección de Datos**

Prototipo de Máquina Extrusora: Se utilizará el prototipo construido como el principal instrumento de recolección de datos, donde se llevará a cabo el proceso de extrusión.

Equipo de prueba de compresión: Las pruebas de compresión estandarizadas pueden medir con precisión la resistencia de un bloque. El equipo se calibrará y se utilizará en un entorno controlado.

Encuestador de energía: como fue definido, este equipo de laboratorio vigila y grava lo que la máquina consume de energía mientras está siendo sometida a una prueba de extrusión.

Cuestionario estructurado: como el nombre lo dice, este cuestionario estará compuesto por preguntas en completa estructura: cerradas y abiertas. Habrá preguntas acerca del reciclado en la investigación, lo que será previsto en términos de desempeño y valor de mercado y posible utilización de la producción por algún proyecto.

### **2.5 Recolección de Datos**

Los métodos de captura y recogida de datos utilizados fueron la observación directa, que permite recoger la información acerca de los materiales reciclados, así como estudiar las propiedades de los prototipos y ladrillos ecológicos producidos (Wileidys & Beatriz, 2019). Observar requiere una concentración precisa y atenta hacia la incidencia objeto de estudio, a través de la cual es posible discernir y comparar las diferencias de las incidencias observadas. En otras palabras, el proceso se centra en la capacidad de ver o percibir aspectos concretos de las incidencias objeto de estudios, así como sobre la cantidad en la que dichos elementos pueden diferir.

## **2.6 Variable (s) del estudio (Adaptada al tipo y diseño de la investigación)**

- Variable Independiente: Prototipo de la máquina extrusora de filamento
- Variable Dependiente: Producción de bloques PVC-PET como opción en el área de construcción ecológicas, Santa Elena, Ecuador.

Se proporcionará una matriz de operacionalización de variables.

### ***2.6.1. Operacionalización de las variables***

La manipulación de las variables involucradas se relaciona directamente con los métodos y las técnicas utilizadas para identificar y medir las variables o las características distintivas del estudio. En otras palabras, cómo convertiríamos un concepto abstracto en algo observable y alcanzable. Para lograrlo, es necesario definir al menos dos dimensiones (Arias, 2021).

Tabla 5. Operacionalización de variable independiente

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
Título del proyecto:						
PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC - PET EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA - ECUADOR						
Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<b>V.I: PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS</b>	Dispositivo mecánico que transforma los materiales plásticos reciclados en filamentos, que se pueden utilizar para la producción de objetos ecológicos de construcción (Moreno & Ramírez, 2020).	El Prototipo de la maquina extrusora de filamentos se operacionaliza con una máquina que emplea tecnologías de reciclaje y extrusión para transformar PVC y PET en filamentos destinados a la fabricación de bloques (Flores, 2020).	Percepción sobre la actual gestión de residuos. - Se refiere a como la comunidad valore y responde a las prácticas de manejo de desechos, lo que esta influenciado por factores como el conocimiento, la constancia ambiental (Mejía, 2020).	Nivel de satisfacción con la actual gestión de residuos.	La gestión de residuos plásticos en la universidad es adecuada.	Encuesta y análisis documental.
				Impacto ambiental percibido de los residuos de plásticos.	Los residuos plásticos afectan de forma significativa al medio ambiente.	Encuesta y análisis documental.
				Percepción sobre cantidad generada de residuos plásticos.	Se generan muchos residuos plásticos.	Encuesta y análisis documental.
			Conocimiento sobre reciclaje de los plásticos. - Es la comprensión que las personas tienen sobre el tipo de plásticos reciclables, el proceso de reciclaje y el impacto ambiental de estos materiales.	Nivel de conocimiento sobre reciclaje de plásticos.	Conoce los métodos de reciclaje de plásticos.	Encuesta y análisis documental.
				Expectativas sobre implementación de la máquina extrusora.	La implementación de una máquina extrusora mejoraría la gestión de los residuos.	Encuesta y análisis documental.
				Cantidad de plástico reciclado por la comunidad universitaria.	Recicla una cantidad significativa de plásticos.	Encuesta y análisis documental.
			Expectativas sobre implementación de la máquina extrusora. - Proyecciones y beneficios anticipados que se esperan alcanzar con su uso, estas abarcan la mejora de eficiencia y sostenibilidad en el área de construcción, se centran en mejorar la eficiencia energética y reducir los costos mediante el uso de materiales reciclados.	Percepción sobre los beneficios de la máquina extrusora.	Percibe que una máquina extrusora reducirá los residuos plásticos de forma significativa.	Encuesta y análisis documental.
				Desafíos de implementar una máquina extrusora.	Se consideran los desafíos financieros como obstáculos principales para implementar una máquina extrusora.	Encuesta y análisis documental.
				Nivel de apoyo hacia la implementación de la máquina extrusora.	Apoya de forma activa la implementación de una máquina extrusora.	Encuesta y análisis documental.
			Conocimientos sobre las tecnologías de reciclaje. - Se refiere a los avances y técnicas utilizadas para procesar y reutilizar materiales desechados, con el objetivo de reducir el impacto ambiental y promover la economía circular.	Familiaridad con tecnologías sobre reciclaje.	Conoce las tecnologías que facilitan el reciclaje de los plásticos.	Encuesta y análisis documental.
				Opinión sobre eficacia de las tecnologías existentes.	Considera que las tecnologías actuales son efectivas en el reciclaje de los plásticos.	Encuesta y análisis documental.
				Importancia de la educación sobre el reciclaje.	La educación sobre el reciclaje es esencial para el éxito de la implementación.	Encuesta y análisis documental.

Nota: Elaborado por los autores

**Tabla 6. Operacionalización de variable dependiente**

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
Título del proyecto:						
PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC - PET EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA - ECUADOR						
Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<b>V.D: "Producción de bloques PVC-PET como opción en el área de construcción ecológica, Santa Elena, Ecuador".</b>	Proceso de fabricación de bloques a partir de materiales reciclados de PVC y PET con el fin de reducir el impacto ambiental en la construcción. (Poyatos, 2023).	Cantidad de bloques PVC-PET producidos y su aplicación en la construcción ecológica en Santa Elena, Ecuador. (Galileo, 2023).	Volumen de producción. - Se refiere a la cantidad de material que la máquina es capaz de procesar en un periodo de tiempo determinado. Este parámetro es fundamental para evaluar la eficiencia de la extrusora ya que determina su capacidad para generar productos a gran escala o en lotes pequeños dependiendo de las necesidades de producción	Numero de bloques producido por día	Se producen diariamente una cantidad significativa de bloques PVC-PET para la construcción ecológica.	Encuesta y análisis documental.
				Tamaño y peso de bloque	Los bloques PVC-PET cumplen con las especificaciones de tamaño y peso requeridas para la construcción.	Encuesta y análisis documental.
				Tiempo de ciclo	El tiempo de producción de cada bloque PVC-PET es eficiente y permite una producción continua.	Encuesta y análisis documental.
			Calidad de los bloques. - Está estrechamente relacionada con la consistencia del proceso ya que cualquier variación en la temperatura, la velocidad del husillo o control de material puede afectar la homogeneidad y la resistencia de los bloques.	Resistencia mecánica	Los bloques PVC-PET tienen la resistencia mecánica necesaria para soportar cargas en construcciones.	Encuesta y análisis documental.
				Durabilidad	Los bloques PVC-PET presentan una alta durabilidad en comparación con otros materiales de construcción.	Encuesta y análisis documental.
				Resistencia a la humedad	Los bloques PVC-PET son resistentes a la humedad, lo cual los hace adecuados para distintas condiciones ambientales.	Encuesta y análisis documental.
			Impacto Ambiental. - Implica optimizar el uso de recursos y adoptar prácticas sostenibles lo cual no sólo beneficia al medio ambiente, sino también a mejorar la eficiencia del proceso.	Disminución del uso de materiales convencionales	La producción de bloques PVC-PET contribuye a la reducción del uso de materiales de construcción convencionales.	Encuesta y análisis documental.
				Huella de carbono	La producción de bloques PVC-PET tiene una huella de carbono menor en comparación con materiales convencionales.	Encuesta y análisis documental.
				Reciclabilidad de los bloques	Los bloques PVC-PET son fácilmente reciclables al final de su vida útil.	Encuesta y análisis documental.
			Reducción de residuos plásticos. - Se refiere a la práctica de minimizar la cantidad de material plástico desechado durante la producción, utilizando métodos más eficientes y sostenibles, optimizando los recursos.	Cantidad de plástico reciclado en la producción	Una alta proporción de la comunidad académica participa activamente en programas de reciclaje.	Encuesta y análisis documental.
				Opinión sobre la importancia de participar en proyectos de reciclaje.	La comunidad considera importante su participación en proyectos de reciclaje para el medio ambiente.	Encuesta y análisis documental.
				Frecuencia de participación en actividades de reciclaje.	La comunidad participa frecuentemente en actividades de reciclaje y sostenibilidad.	Encuesta y análisis documental.

Nota: Elaborado por los autores

## **2.7 Procedimiento para la recolección de los datos**

La última sección es una descripción del proceso que se seguirá en la recolección de datos y en las otras etapas de la ejecución del estudio.

La última sección de la propuesta servirá de guía para la realización del estudio, ya que se permitirá que otros evalúen la calidad de la información recolectada. Por otro lado, si alguien más tuviera que llevar a cabo el estudio, identificará la forma específica de estudio que se efectuó.

## **2.8 Parámetro de diseño**

La extrusora desarrollada en este proyecto está diseñada principalmente como un modelo de un solo tornillo. Por lo tanto, el diseño seguirá las líneas de una extrusora monohusillo y se centrará en esas características

Cabe destacar también que esta máquina es un prototipo pensado para producción reducida, es decir, un equipo orientado a la experimentación. Sin embargo, los cálculos pueden ajustarse si se quisiera aumentar su capacidad de producción más allá de lo previsto para este modelo de estudio.

## **2.9 Especificaciones de componente**

Los componentes más significativos del equipo en estudio se detallan a continuación. Sin embargo, es fundamental reconocer que se han detenido los elementos más grandes, y aún hay algunos componentes más pequeños que son críticos para este diseño que no se ha incluido.

### **2.9.1. Cañón o barril**

La **Figura 9**, Es una pieza fundamental que contiene y guía el material plástico mientras se transporta y funde a lo largo del husillo. Está hecho de materiales que resisten tanto el desgaste como la corrosión, ya que debe soportar altas temperaturas y presiones propias del proceso de extrusión. El cilindro tiene que tener un espacio suficiente para que ingrese el tornillo sin fin, también para poner la conexión de las resistencias sobre ella, es importante que este tenga un espacio hueco en la parte

superior para que ingrese la tolva por lo cual se le añadió una estructura metálica alrededor tal como se muestra en el **Anexo 2** para posterior unir la tolva y el cilindro.

**Figura 9.** *Cilindro con sus resistencias*

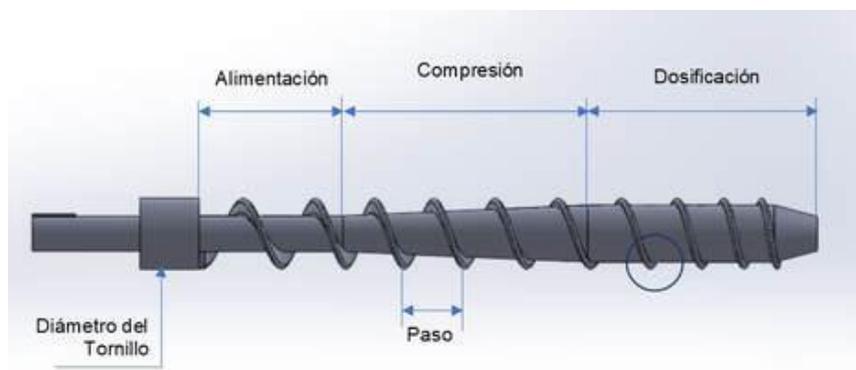


Nota: Las resistencias son de tipo banda o cartucho

### 2.9.2. *Husillo o tornillo sin fin*

La **Figura 10**, se da un diagrama esquemático de un tornillo, que es el componente que se desplazará, compactará y derretirá el plástico mientras se desplaza por el cilindro. La unidad tiene secciones de alimentación, compresión y dosificación múltiple que progresan sustancias mientras la calientan y mezclan a un ritmo continuo y consistente hasta que se alcance una medida satisfecha.

**Figura 10.** Tornillo sin fin de máxima compresión



Nota. Tomado de Jackson, (2021)

### 2.9.3. *Boquilla*

En la **Figura 11**, muestra la boquilla y el tornillo que regula el flujo de polímero fundido y contribuye a definir las dimensiones finales del extruido, adaptando el material a los requisitos del diseño. Es la última etapa del proceso donde el material plástico fundido toma la forma final a través de una abertura específica, su diseño es fundamental ya que permite controlar la forma y el tamaño del material extruido, por lo general esta boquilla va unida al barril. En el plano que se encuentra en el **Anexo 3**

se puede observar las medidas de la boquilla las cuales fueron hechas para poder controlar la extrusión del plástico y la cantidad de plástico que saldrá, entre ella está el filtro de boquilla que se puede observar en el **Anexo 4** el cual se encarga de eliminar impurezas o contaminantes presentes en el material, este se encuentra justo antes de la boquilla.

**Figura 11.** Boquilla de salida del plástico



Nota. Boquilla de acero de diámetro 10, 27 mm

#### **2.9.4. Resistencias eléctricas**

En la **Figura 12**, se muestran los elementos críticos que generan el calor necesario para fundir el material plástico mientras se desplaza a lo largo del cañón. Estas resistencias, se ubican alrededor del tubo o cilindro, estas generan la temperatura necesaria para que pueda calentar el material y sea constante el proceso de fundición.

**Figura 12.** Resistencias eléctricas



Nota. Resistencia para calentar el cilindro hasta 400°

### 2.9.5. Tolva

En la **Figura 13**, es el componente donde se carga y almacena el material plástico antes de entrar al proceso de extrusión. Este material, generalmente en forma de pellets o gránulos, cae desde la tolva hacia el husillo, donde inicia el proceso de transporte y fundido. La tolva debe estar diseñada para permitir un flujo constante y controlado del material, evitando atascos y garantizando la estabilidad del proceso. En el plano del **Anexo 8** se observa las medias de 23.46x23.26 cm donde se podrá alimentar de plástico para que el tornillo lo arrastre para su posterior extrusión.

**Figura 13.** Tolva de alimentación



Nota. Tolva cuadrada de 23,46 cm x 23.26 cm

### 2.9.6. Motor reductor

En la **Figura 14**, muestra el reductor de velocidad, el cual se encarga de proporcionar la fuerza y el torque necesarios para mover el eje a la velocidad adecuada. El sistema combina un motor eléctrico con un reductor de velocidad para regular y controlar la velocidad del tornillo para mantener un flujo constante y eficiente de materiales plásticos. En el **Anexo 7** hay un eje que se encarga de conectar un extremo al motorreductor y el otro extremo al sinfín para su rotación.

**Figura 14.** *Reductor de velocidades*



Nota. Se encarga de reducir la velocidad del tornillo de 15-50 rpm

### 2.9.7. Es el *Panel eléctrico*

En la **Figura 15**, sistema de control que gestiona y supervisa todas las funciones eléctricas de la máquina, permitiendo la regulación precisa de todos los aspectos del proceso, desde el control de la temperatura hasta la sincronización de los motores y demás componentes.

**Figura 15.** *Caja eléctrica*



Nota. Sistema de apagado y controlador de temperaturas

### **2.9.8. Controladores de velocidad**

Estos controladores son necesario para mantener el flujo constante del material, controlando la velocidad de giro del tornillo, así mantener un flujo constante al momento de alimentar de plástico.

### **2.9.9. Controladores de temperatura**

En la **Figura 16**, estos controladores son programables para poder ajustar a la temperatura necesaria de fundición del material, y así mantener el material a la temperatura adecuada sin enfriarse, ni sobrecalentarse, esto es esencial para poder mantener la calidad al momento de hacer el producto final.

**Figura 16.** Control de temperatura



Nota. Sistema de encendido, apagado de las resistencia y control de temperatura

### **2.9.10. Sistema eléctrico**

En la **Figura 17**, se muestra el conjunto de componentes y circuitos encargados de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de los diferentes elementos de la máquina como motores, resistencia, controladores de velocidad y temperatura. Este sistema asegura que la extrusora opere de manera eficiente controlando y distribuyendo la energía de acuerdo con los requerimientos del proceso de extrusión.

**Figura 17.** Sistema eléctrico



Nota. Conexiones eléctricas de la extrusora

### **2.9.11. Soporte de barra**

En la **Figura 18**, se muestra el soporte que se hizo para que este estático el cilindro, con la tolva, esto se hicieron con ángulos, pernos y broca para la superficie donde va a estar sujeta y rígida. En el plano del **Anexo 6** se observa las medidas para que pueda soportar y mantener firme el cilindro con la tolva, también se añadió una estructura para que pueda unir el eje que ayudara a girar el tornillo sin fin con el soporte a través de una unión.

**Figura 18.** Soporte de barra



Nota. Barra de acero AISI 1018

### ***2.9.12. Soporte de la maquina***

La **Figura 19**, es la base encargada de sostener todo el peso de la maquina por lo cual debe ser rígida y resistente ya que tiene un peso considerable. Se observan las medidas en el plano del **Anexo 5** donde se observa la altura de 83 cm, 96x44 cm en la plancha donde se colocará el prototipo adecuado para facilitar la operación manual.

**Figura 19.** *Mesa del prototipo*



Nota. Mesa del prototipo de maquina extrusora

# CAPÍTULO III

## MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Marco de resultados

El desarrollo y construcción del prototipo de maquina extrusora para la producción de bloques PVC-PET requiere una planificación minuciosa que abarca todas las etapas del proyecto desde la selección de materiales hasta la puesta en marcha de la extrusora. Este proceso comenzó con la elección de los materiales, seguido del diseño del sistema extrusor, que incluye la configuración del tornillo, el cilindro, y los mecanismos de control de temperatura.

#### 3.1.1. *Recopilación de datos*

Se inicio el prototipo de la maquina investigando información sobre los métodos y técnicas que se mencionó anteriormente, y se complementó con herramientas de recolección de datos, realizados a través del cuestionario con respuestas a escala Likert. En este contexto, se identificaron las características de la maquina y la necesidad de poder reciclar el plástico de manera innovadora.

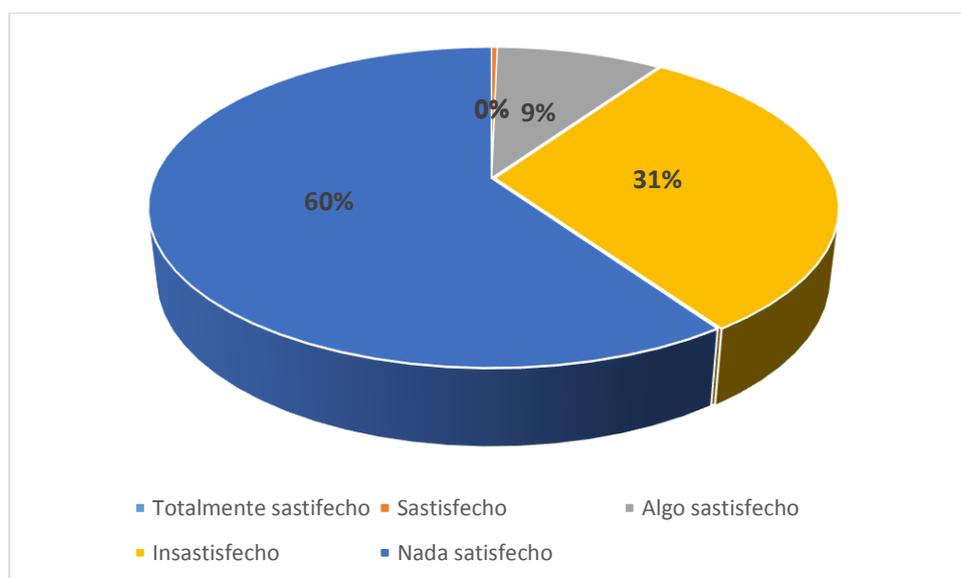
Se integro en el diseño el motor, con su caja reductora, esta información resulto clave para establecer tanto los requisitos técnicos como las limitaciones del trabajo de investigación. Con el propósito de identificar los parámetros necesarios según el tema de estudio, se plantearon las siguientes preguntas.

1. ¿Considero que la implementación de una máquina extrusora de filamentos es esencial para mejorar el reciclaje de plásticos?
2. ¿La máquina extrusora de filamentos facilitaría la producción de materiales de construcción a partir de plásticos reciclados?
3. ¿Confío en que una máquina extrusora de filamentos puede reducir significativamente los residuos plásticos en el área de construcción?
4. ¿La implementación de una máquina extrusora de filamentos sería rentable para la producción de bloques PVC-PET?
5. ¿Una máquina extrusora de filamentos contribuye a la sostenibilidad en la construcción ecológica?

6. ¿La operación de una máquina extrusora de filamentos es eficiente y permite una producción continua de bloques reciclados?
7. ¿El uso de una máquina extrusora de filamentos en la construcción ecológica mejora la calidad de los materiales obtenidos?
8. ¿La máquina extrusora de filamentos permite aprovechar el PET reciclado para crear productos útiles en la construcción?
9. ¿Percibo que la implementación de una máquina extrusora de filamentos es una solución innovadora para el reciclaje de plásticos?
10. ¿La máquina extrusora de filamentos tiene el potencial de reducir el impacto ambiental de los residuos plásticos?
11. ¿Considero que la máquina extrusora de filamentos puede mejorar la economía circular al utilizar plásticos reciclados en la construcción?
12. ¿La implementación de una máquina extrusora de filamentos contribuiría a un uso más responsable de los recursos en el área de construcción?

Las preguntas mostradas revelan un enfoque acerca de la construcción de la máquina que se orienta en la construcción de bloques de plásticos para que se pueda dar una construcción ecológica eficiente, con el fin de descartar temas como la demanda de desechos plásticos y el manejo de esta. Los resultados se muestran a continuación en la **Figura 20**.

**Figura 20.** *Grado de satisfacción*



Nota. Elaborado por los autores

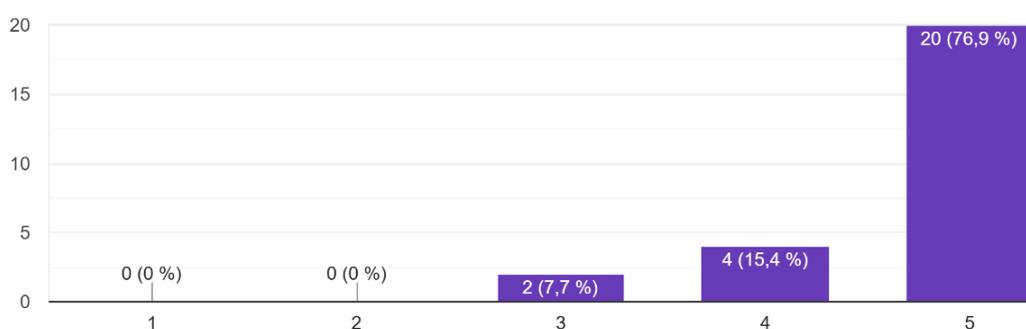
El análisis de los resultados de la encuesta indica que la mayoría de los aspectos evaluados alcanzan el nivel de eficiencia, reflejada en la calificación 5 con un porcentaje del 60% que están totalmente satisfechos en la **Figura 20**. También, ciertos encuestados calificaron con 4, que representa un 31% “satisfechos”. En general los parámetros evaluados son satisfactorios.

### Las gráficas a escala Likert de cada pregunta que se realizo

1. ¿Considero que la implementación de una máquina extrusora de filamentos es esencial para mejorar el reciclaje de plásticos?

**Figura 21.** Resultados de la pregunta 1 de la encuesta

26 respuestas



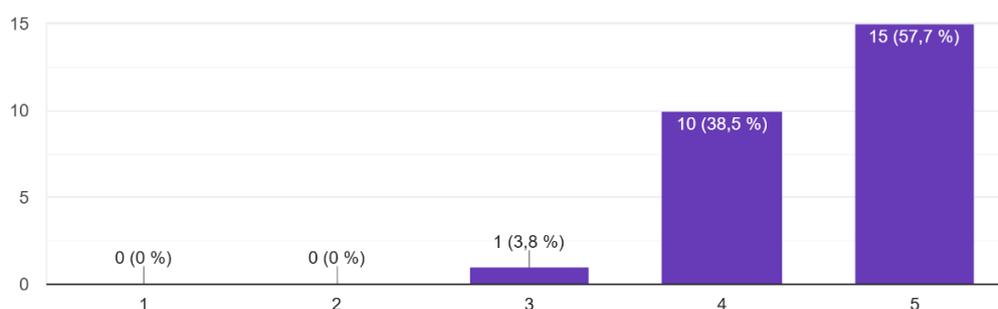
Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 21**, se muestra que los encuestados respondieron en su gran mayoría siendo un 76% que se sienten totalmente satisfechos sobre lo esencial que es implementar la extrusora para mejorar el reciclaje.

2. ¿La máquina extrusora de filamentos facilitaría la producción de materiales de construcción a partir de plásticos reciclados?

**Figura 22.** Resultados de la pregunta 2 de la encuesta

26 respuestas

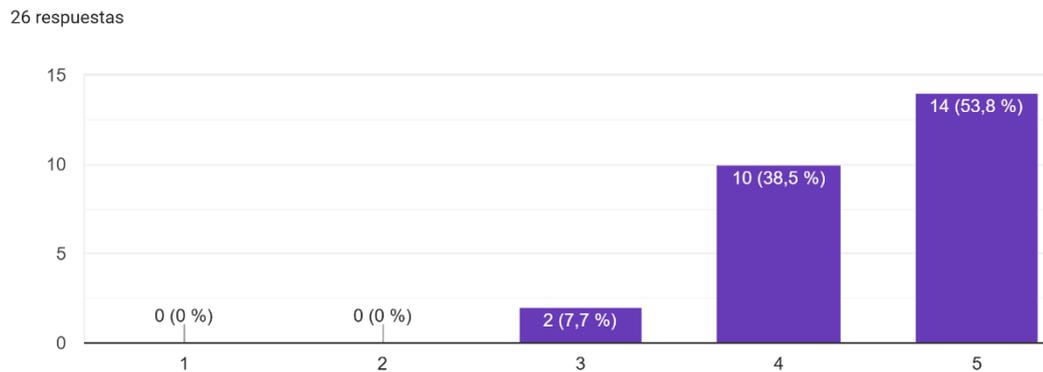


Nota. Elaborado por el autor

En la **Figura 22**, se detalla que de los 26 encuestados hubo un 57.7% que están totalmente satisfechos, el 38.5% satisfechos, sobre si la maquina extrusora facilitaría la producción en los materiales de construcción.

3. ¿Confío en que una máquina extrusora de filamentos puede reducir significativamente los residuos plásticos en el área de construcción?

**Figura 23.** Resultados de la pregunta 3 de la encuesta

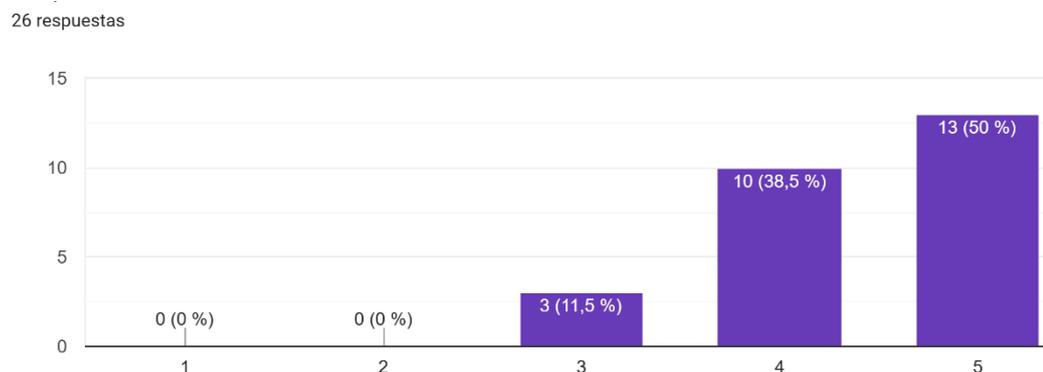


Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 23**, se muestra que el 53.8 está totalmente satisfecha y el 38.5% satisfecha de que la maquina extrusora puede reducir los residuos plásticos implementándolas en el área de la construcción.

4. ¿La implementación de una máquina extrusora de filamentos sería rentable para la producción de bloques PVC-PET?

**Figura 24.** Resultados de la pregunta 4 de la encuesta

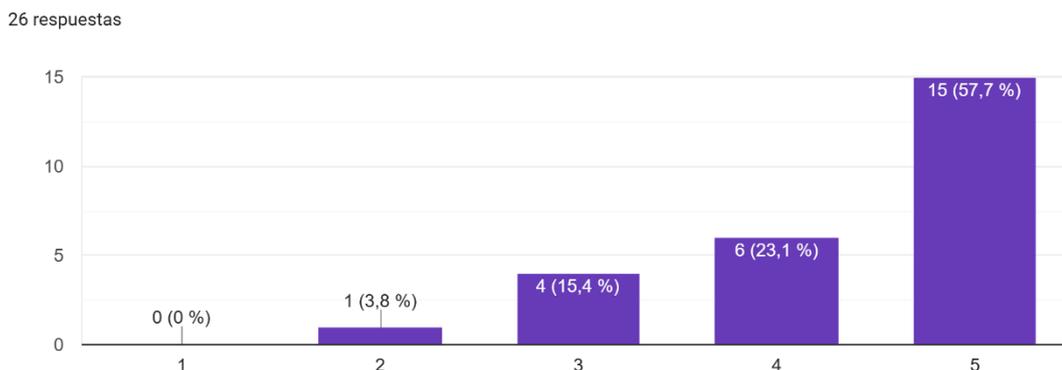


Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 24**, se muestra que la mitad de los encuestados está totalmente satisfecha y el 38.5% satisfecho de que la implementación de la maquina sería rentable para producir plásticos PVC-PET.

5. ¿Una máquina extrusora de filamentos contribuye a la sostenibilidad en la construcción ecológica?

**Figura 25.** Resultados de la pregunta 5 de la encuesta

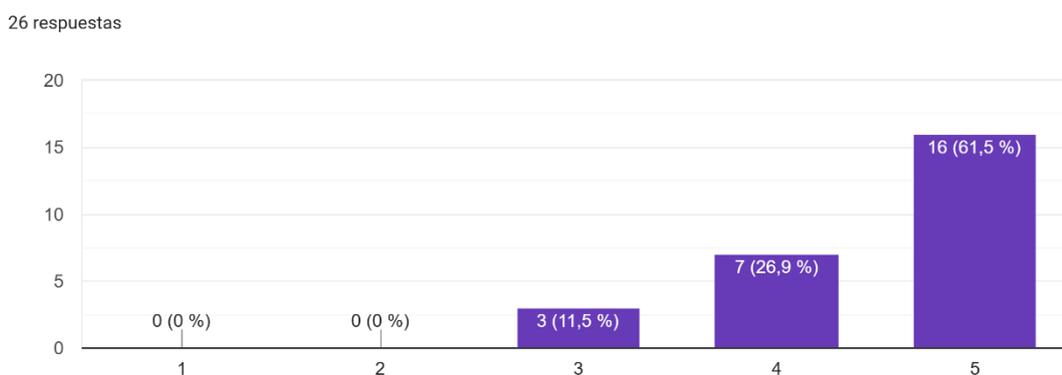


Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 25**, se muestra que el 57.7% de los encuestados están totalmente satisfechos y el 23.1 satisfechos de que la extrusora contribuya a la sostenibilidad en la construcción ecológica.

6. ¿La operación de una máquina extrusora de filamentos es eficiente y permite una producción continua de bloques reciclados?

**Figura 26.** Resultados de la pregunta 6 de la encuesta

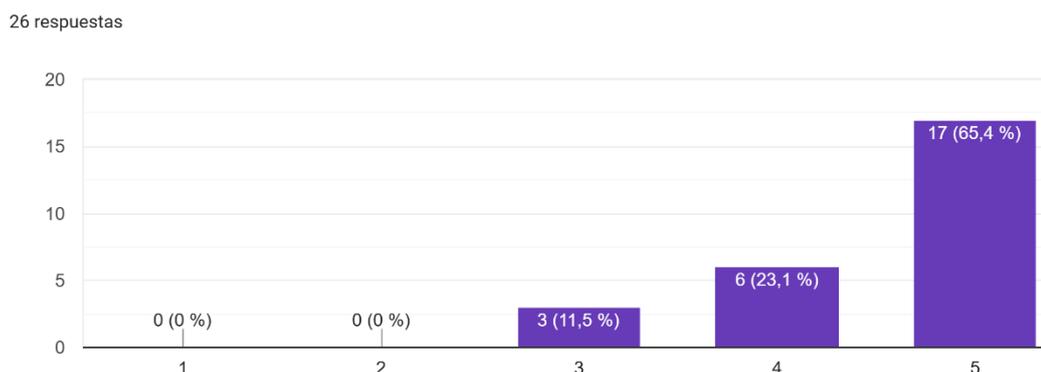


Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 26**, se muestra que el 61.5% de los encuestados está totalmente satisfecho y el 26.9 satisfecho de que es eficiente y que puede permitir una producción confía de bloques reciclados.

7. ¿El uso de una máquina extrusora de filamentos en la construcción ecológica mejora la calidad de los materiales obtenidos?

**Figura 27.** Resultados de la pregunta 7 de la encuesta

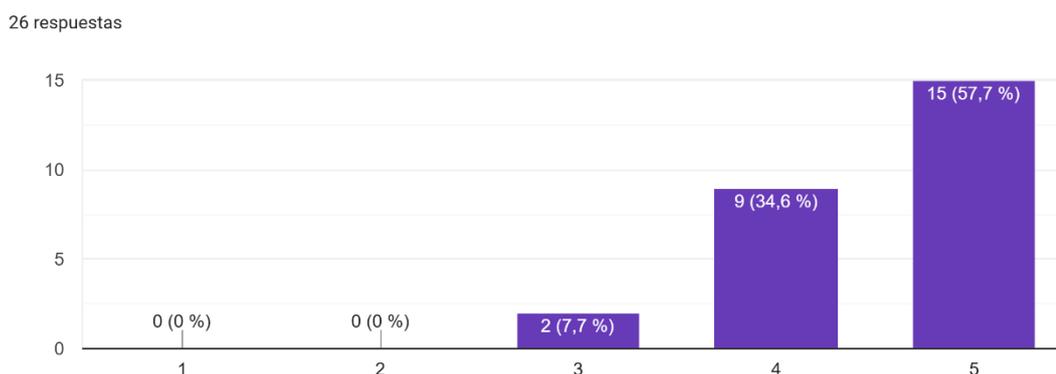


Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 27**, se muestra que el 65.4% de los encuestados está totalmente satisfecho y el 23.1% satisfecho de que con la extrusora se mejoraría la calidad de los materiales en la construcción.

8. ¿La máquina extrusora de filamentos permite aprovechar el PET-PVC reciclado para crear productos útiles en la construcción?

**Figura 28.** Resultados de la pregunta 8 de la encuesta

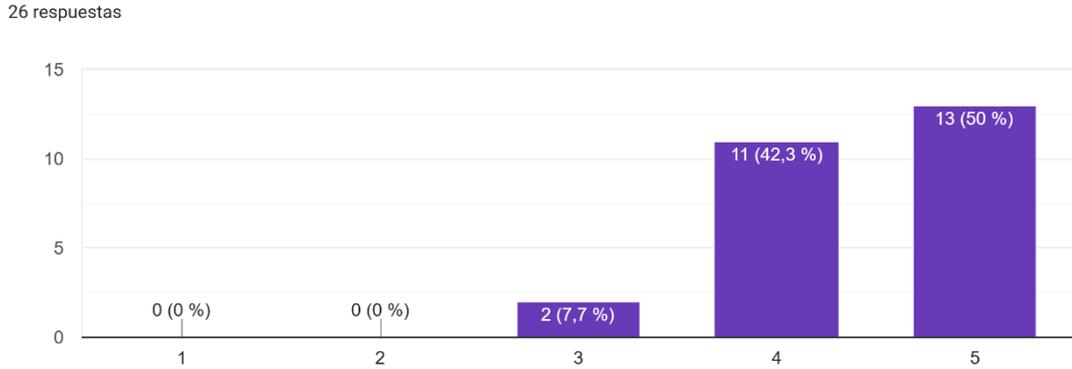


Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 28**, se muestra que el 57.7% de los encuestados está totalmente satisfecho y el 24.6 satisfecho de que la maquina puede aprovechar el PET-PVC reciclado para crear productos útiles en la construcción.

9. ¿Percibo que la implementación de una máquina extrusora de filamentos es una solución innovadora para el reciclaje de plásticos?

**Figura 29.** Resultados de la pregunta 9 de la encuesta

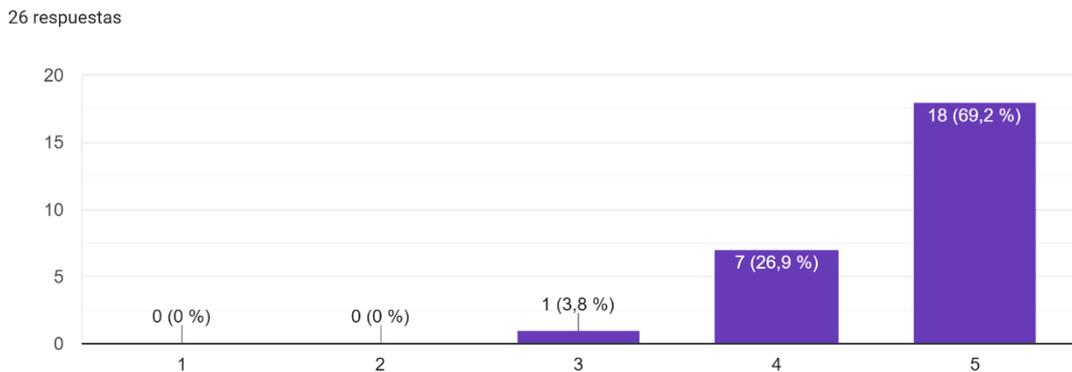


Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 29**, se muestra que la mitad de los encuestados están totalmente satisfechos y que el 42.3% satisfecho de que la maquina es una solución innovadora para el reciclaje de plástico.

10. ¿La máquina extrusora de filamentos tiene el potencial de reducir el impacto ambiental de los residuos plásticos?

**Figura 30.** Resultados de la pregunta 10 de la encuesta

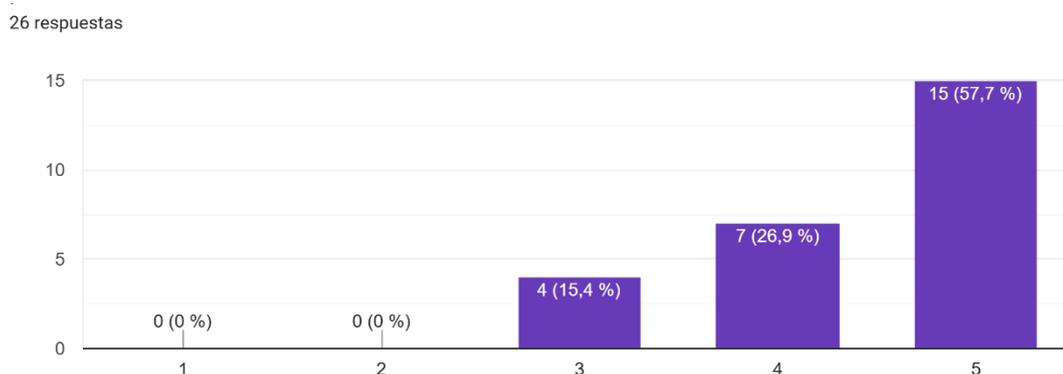


Nota. Elaborado por los autores

La **Figura 30**, muestra que el 69.2% está totalmente satisfecho y que el 26.9% satisfecho de que la maquina tiene el potencial para reducir el impacto ambiental por plástico.

11. ¿Considero que la máquina extrusora de filamentos puede mejorar la economía circular al utilizar plásticos reciclados en la construcción?

**Figura 31.** Resultados de la pregunta 11 de la encuesta

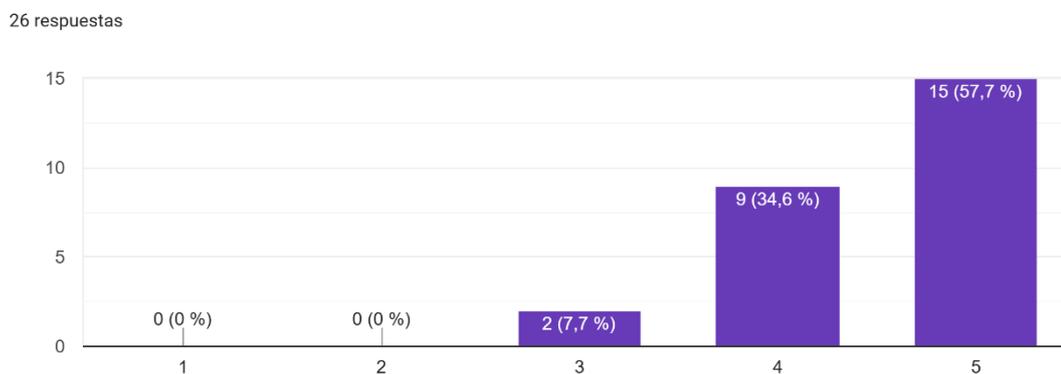


Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 31**, se muestra que el 57.7% está totalmente satisfecho y el 26.9% está satisfecho de que la maquina extrusora podría mejorar la economía circular al utilizar plásticos en la construcción.

12. ¿La implementación de una máquina extrusora de filamentos contribuiría a un uso más responsable de los recursos en el área de construcción?

**Figura 32.** Resultados de la pregunta 12 de la encuesta



Nota. Elaborado por los autores

En la **Figura 32**, se muestra que el 57.7% está totalmente satisfecho y el 34.6% está satisfecho de que la máquina contribuiría a un uso más responsable de los recursos en el área de construcción.

### **Análisis de todas las preguntas**

El análisis de las barras en forma general muestran el grado de satisfacción donde la mayoría que fueron evaluados, lograron tener el mayor nivel, con porcentajes aceptables, según la gráfica. Esto implica que, aunque los parámetros evaluados son satisfactorios hay personas y áreas que pueden beneficiarse.

## **Parámetros y requerimientos técnicos de diseño del prototipo de maquina extrusora para producción de bloque PVC-PET**

Se recopilaron las especificaciones técnicas requeridas a través de entrevistas directas, siendo este el punto de partida para el proyecto y sus futuros resultados en donde se describe los componentes que integran la maquina extrusora proporcionados por la directora del proyecto de investigación integral, siendo los componentes principales los siguientes:

- **Tolva:** Se utilizará el material de acero inoxidable o aluminio, que es resistente a la corrosión y al desgaste. La capacidad varía según la maquina; este es en común entre 20 y 100 kg.
- **Tornillo sin fin o husillo:** Acero endurecido, tratado térmicamente para mayor durabilidad y resistencia al desgaste. Diámetro de 25 mm, longitud es generalmente de 20 a 30 veces el diámetro de tornillo (relación L/D).
- **Cilindro:** Material de acero AISI 1080, un acero de bajo carbono, la longitud del tornillo es de 500mm para un tornillo de 25 mm de diámetro.
- **Sistema de calentamiento:** Para el sistema de calentamiento se utilizaron resistencias tipo banda o cartucho, divididas en múltiples zonas de calefacción a lo largo del cilindro, esta se divide en la zona de alimentación, compresión y dosificación.
- **Motor:** Se utilizará un motor trifásico de 0,75 hp, con una velocidad nominal de 1075 rpm y una corriente de 3,3 amperios. Este motor será el componente para que la extrusión sea continua.
- **Sistema de seguridad:** La máquina extrusora debe estar con dispositivos de seguridad para proteger al operador, incluye un botón de emergencia y protecciones de los equipos.
- **Eficiencia energética:** El diseño deberá optimizar el consumo de energía para que este funcione con el motor de 0,75 hp correctamente, para que cada ciclo de extrusión maximice su rendimiento.

### **Las etapas del Diseño**

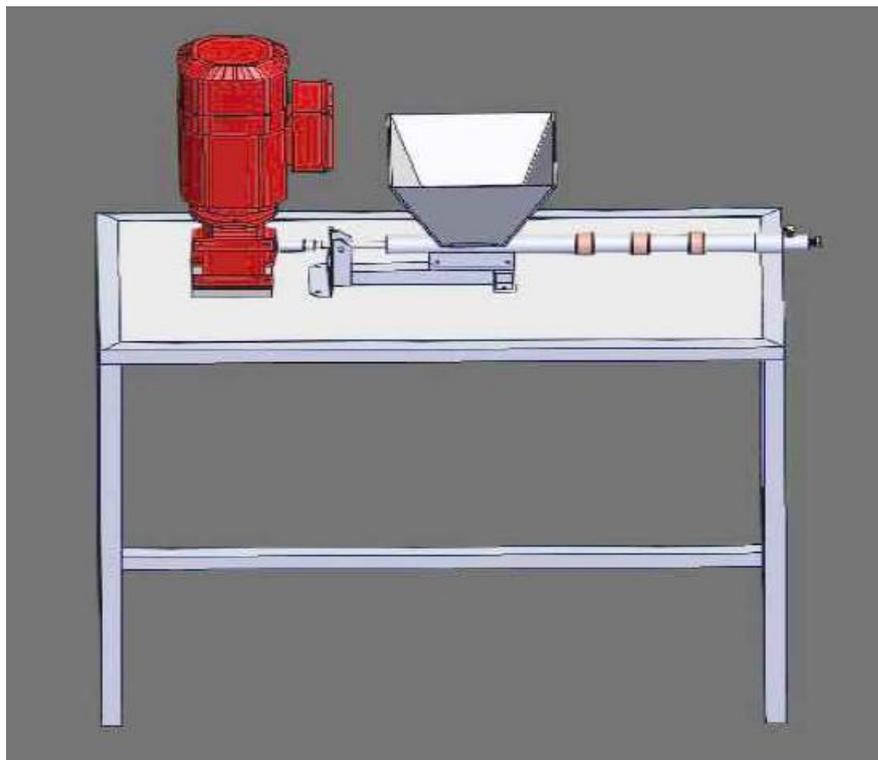
El diseño del prototipo de maquina extrusora de PVC-PET requiere de una planificación que conlleve la investigación para saber que materiales utilizar, tanto para extrusión, su velocidad, como el sistema de calentamiento, el motor, los equipos

de protección de máquina, el resultado del prototipo físico, prueba y producción de esta. Se realiza en este apartado los detalles de cada fase que se hizo para construir el prototipo y ver sus resultados.

### **Diseño del modelo de extrusora**

Para esta fase I: se eligió el tipo de extrusora a elaborar, es una extrusora monohusillo, la más importante de la maquina ya que se encarga de transportar el materiales, para que se caliente y se funda el plástico, forma de fundiciones es filamentos, para luego definir las medidas que va a tener la máquina, para esto se tuvo en cuenta la medida del tornillo sin fin, y el espacio para el motor reductor, y después darle las medidas a la mesa de soporte, con esto se elaboró un diseño en SolidWorks como se muestra en la **Figura 33**, para optimizar el espacio de trabajo de la máquina. En el **Anexo 9** se encuentra el plano realizado en el software donde se puede observar el prototipo ensamblado con diferentes vistas de apreciación.

**Figura 33.** *Diseño del prototipo de maquina extrusora*



Nota. Elaborado por los autores

### **Detalles del diseño**

Se realizaron las dimensiones de cada pieza para la elaboración de la maquina extrusora, considerando el tamaño del tornillo sin fin o husillo, ya que a partir de ahí

se considera el tamaño de alimentación del plástico, y el motor para su rotación, para realizar la mesa de considero que el acero AISI 1018 ya que es una aleación entre el acero y el carbono, ya que mientras más carbono tenga, sus propiedades mecánicas aumentan como la dureza y resistencia, la medida a utilizar es de 30mm, para el soporte cilindro y la tolva, se realizó con tubos cuadrados y ángulos metálicos, para luego soldarlos, y la superficie de la mesa, se hizo con una plancha de acero de 2 y 3 mm de espesor.

### **Diseño 3D prototipo**

Para el diseño de la extrusora, se utilizó el software SolidWorks, que permitió que permitió crear cada pieza y detallarlas en un modelo tridimensional, para facilitar la visualización antes de iniciar la construcción física, para la realización se tomó en cuenta todas las dimensiones, para facilitar el correcto lugar del motor y el tornillo. El software nos permitió realizar las medidas de cada uno de nuestras piezas, y visualizar en el diseño final para poder realizar ajustes finales en las dimensiones ubicaciones de algunos componentes para optimizar el rendimiento de la máquina.

Antes de comenzar la construcción del prototipo del extrusor PET-PVC, se utilizará la técnica propuesta por Guzmán et al., (2022) esta estrategia, una partitura para la mecánica, descompone el proceso en etapas secuenciales, desde la concepción hasta la validación funcional.

#### ***3.1.2. Fase 1: Selección de materiales a utilizar***

En el diseño y construcción de la máquina extrusora, la elección adecuada de los materiales desempeñó un papel crucial para garantizar su funcionalidad y durabilidad. Dado que el equipo debía soportar fuerzas elevadas durante el proceso de extrusión, se priorizó el uso de componentes con alta resistencia mecánica y larga vida útil. A continuación, se describen los materiales empleados y su función específica en la construcción de la máquina:

#### ***3.1.3. Fase 2: Materiales para la limpieza y preparación del motor***

Los materiales seleccionados desempeñan un papel fundamental en la limpieza y preparación del motor con el fin de garantizar su durabilidad y un acabado adecuado. Aunque no se destaca la importancia de este aspecto, se seleccionan los siguientes recursos en este caso:

**Un removedor de pintura, brocha de cerdas y pintura:** Estos aditivos se utilizaron para limpiar y pintar el motor y la pintura también se realizó con la ayuda de un compresor para facilitar el trabajo.

**Grasa:** es un lubricante que se aplica sobre superficies para reducir la fricción entre las piezas móviles. La intención de este producto es mejorar la calidad y la vida útil de las piezas, así como proporcionar un funcionamiento normal.

**Antioxidante:** este producto se aplica sobre la superficie metálica para evitar una mayor oxidación y formar una fina capa protectora sobre la superficie que, a su vez, mejora la vida útil de los componentes propensos a la corrosión.

Estos materiales resultan interesantes ya que ha permitido el cumplimiento de los requisitos técnicos de selección y el alargamiento de la vida de la máquina, evidenciando la garantía integral por la eficiencia y sustentabilidad del proyecto.

#### ***3.1.4. Fase 3: Materiales considerados en la máquina extrusora***

La actividad más importante que nos permitió garantizar la funcionalidad y durabilidad de la máquina extrusora, fue la selección de los materiales de construcción. Teniendo en cuenta que el equipo debía experimentar altos niveles de esfuerzo durante el proceso de extrusión, se hizo necesario elegir componentes de alta resistencia mecánica y de larga duración. También se tuvo en cuenta la disponibilidad local y los precios de los materiales para poder obtener una solución técnica económica viable.

#### **Herramientas y materiales utilizados**

- **Amoladoras:** Se utilizaron para realizar las piezas de la tolva con discos de corte y para pulir y lijar imperfecciones que se producen al cortar o unir piezas.
- **Electrodo E308L-16:** Empleados para soldar las planchas de la tolva, tubos, ángulos.
- **Disco de corte:** Para elaborar donde va hacer la alimentación en el cilindro.
- **Taladro y brocas:** utilizados para crear agujeros, controlar la producción de plástico, crear huecos para los tornillos, y alinear el motor con la mesa de trabajo; perforar agujeros para tornillos.
- **Pernos y tuercas:** se utilizan para unir dos o más elementos de forma firme y segura, ya que ofrece gran soporte en la maquinaria y mantiene el ensamblaje.

### 3.1.5. Fase 4: Equipos de protección de los aparatos de la maquina

Se incorporaron sistemas de seguridad y protección para asegurar un funcionamiento seguro, y una vez completado el diseño se construyó el prototipo, se realizó la elección del motor adecuado a partir de cálculos de potencia y torque, en cuanto a las características de producción.

- **Controladores PID:** Dispositivos de control que regulan la temperatura de la maquina extrusora para mantenerlos dentro del parámetro especificados, está en un rango de 0°C a 400°C, salida relé, SSR (Solid State Relay), o salida de voltaje, su pantalla es LED/LCD para lectura de temperatura y ajuste de parámetros.
- **Relés:** Interruptores electromecánicos que permiten o interrumpen el paso de corriente en el circuito, el voltaje de operación es 24 VDC para la bobina y la capacidad de contacto de 10<sup>a</sup> a 250 VAC, el tipo de contacto SPDT (Single Double Throw) o DPDT (Double Pole Double Throw).
- **Contactores:** Dispositivos electromecánicos para el control de motores eléctricos, voltaje de 24 VDC, capacidad de corriente de 25AA a 50<sup>a</sup>, tensión nominal de 200-240VAC, numero de polos de 3 o 4 polos.
- **Guardamotores:** Son dispositivos que protegen a los motores eléctricos de las sobrecargas y cortocircuitos, corriente nominal desde 0.1A hasta 63A, poseen rango de ajuste de esa corriente en función de la carga del motor, voltaje de 690V AC.
- **Señaléticas y luces piloto:** Indicadores visuales para mostrar el estado de la máquina, luces tipo LED, colores rojos (alarma), verde (operación normal), amarillo (advertencia), voltaje de 24 VDC.
- **Botón de emergencia:** Botón grande y de fácil acceso para detener la maquina en caso de emergencia, tipo interruptor de paro de emergencia de tipo seta, voltaje de operación de 24 VDC, función normalmente cerrada (NC) para cortar el circuito al presionarlo.
- **Cables:** Conductores eléctricos para interconectar los componentes de la caja eléctrica, tipo cobre, aislado, sección transversal de 1.5 mm<sup>2</sup> A 10mm<sup>2</sup>, dependiendo del componente, aislante PVC o material resistente al calor.

### 3.1.6. Fase 5: Análisis y cálculos de esfuerzos de la estructura (mesa de trabajo) de la máquina extrusora

**Esfuerzos Normales:** se refiere a la tensión axial, que son las tensiones internas o resultantes del corte transversal, las cuales son las tensiones perpendiculares a la sección transversal de un prisma mecánico. Considerando que, la carga que va a soportar la mesa de 4 patas, aproximadamente 0.5 ton, y cada una tiene una altura de 0.83 m aproximadamente, y un cuadrante de 0.60x1.00m. El material es del acero AISI 1018, para el cual su módulo de Young es de 200 GPa. Para el cual, el esfuerzo es:

$$\sigma = \frac{F_n}{A}$$

$$\sigma = \frac{\frac{w}{4}}{A}$$

$$\sigma = \frac{\frac{mg}{4}}{A}$$

$$\sigma = \frac{\frac{75kg \cdot 9,81m/s^2}{4}}{0,05m^2}$$

$$\sigma = 0,03678775Mpa$$

### Cálculos que se realizó para construir una máquina extrusora

Para construir una máquina extrusora, es necesario realizar cálculos detallados en varias áreas para garantizar su correcto funcionamiento y eficiencia. Estos cálculos se enfocan en el diseño mecánico, térmico y eléctrico de la máquina. A continuación, se describen los cálculos principales:

#### Diseño Mecánico Fuerza y presión de extrusión

**Fuerza de extrusión:** Determinar la fuerza necesaria para empujar el material a través del tornillo y la boquilla.

$$F = PA$$

Donde:

F: Fuerza requerida (N).

P: Presión de extrusión (Pa).

A: Área de la boquilla (m<sup>2</sup>).

La Presión de extrusión depende de las propiedades del material (viscosidad, temperatura) y el diseño del tornillo.

### **Velocidad del tornillo**

La velocidad óptima del tornillo depende del flujo requerido para procesar el material.

$$Q = \frac{\pi D^2 N}{4} (H - h)$$

Donde:

Q: Caudal volumétrico (m<sup>3</sup>/s).

D: Diámetro del tornillo (m).

N: Velocidad de rotación del tornillo (rpm).

H: Altura del canal en la zona de alimentación (m).

h: Altura en la zona de dosificación (m).

### **Torque del tornillo**

Se procede a calcular el torque requerido del tornillo sin fin

$$T = \frac{P \cdot r}{\eta}$$

Donde:

T: Torque (Nm).

P: Potencia requerida (W).

r Radio del tornillo (m).

η: Eficiencia mecánica del sistema.

### **Diseño Térmico**

#### **Potencia de los calentadores**

Se necesita hacer el cálculo de la energía necesaria para calentar el material a la temperatura de fusión, el cual lo hacemos con la siguiente ecuación:

$$Q = mc_p \Delta T$$

Donde:

$Q$ : Energía requerida (J).

$m$ : Masa del material procesado por segundo (kg/s).

$c_p$ : Capacidad calorífica específica del material (J/kg·K).

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura (K).

**Potencia eléctrica necesaria para los calentadores:**

$$P = \frac{Q}{t}$$

Donde:

$P$ : Potencia (W).

$Q$ : Energía (J)

$t$ : Tiempo requerido para alcanzar la temperatura (s).

**Distribución de zonas térmicas**

Diseñar diferentes zonas de calentamiento (alimentación, compresión, dosificación) y determinar la potencia individual para cada zona en función del perfil de temperatura requerido.

**Diseño Estructural**

**Resistencia del barril**

Evaluar el espesor necesario del barril para soportar la presión interna.

$$T = \frac{P \cdot r}{\sigma}$$

Donde:

$T$ =Espesor del barril (m).

$P$ : Presión interna (Pa).

$r$ : Radio interno del barril (m).

$\sigma$ : Resistencia del material del barril (Pa).

**Diseño del tornillo**

Se procede a calcular la longitud del tornillo en función de las zonas de alimentación, compresión y dosificación.

Relación longitud-diámetro (L/D) típica: entre 15:1 y 30:1.

Diseño de paso, profundidad de canal y ángulo de hélice para garantizar una extrusión uniforme.

## **Diseño Eléctrico y Control**

### **Potencia del motor**

Calcular la potencia necesaria para mover el tornillo y procesar el material.

$$P = T\omega$$

Donde:

$P$ : Potencia (W).

$T$ : Torque (Nm).

$\omega$ : Velocidad angular (rad/s).

### **Sistema de control**

Diseñar el sistema de control de temperatura para cada zona mediante termopares y controladores PID.

Incluir sistemas de control de velocidad y torque del tornillo.

### **Cálculos de Eficiencia**

#### **Rendimiento térmico**

Relación entre el calor utilizado para fundir el material y el calor total generado por los calentadores.

$$\eta_t = \frac{Q_{\text{material}}}{Q_{\text{total}}}$$

Donde:

$\eta_t$ =Rendimiento térmico

$Q_{\text{material}}$ =Calor para fundir el material

$Q_{\text{total}}$ = Calor generado por los calentadores

#### **Eficiencia energética**

Comparar la potencia eléctrica total con la cantidad de material procesado.

$\eta_e$ =Material procesado (kg/h)

Potencia (kW)

Estos cálculos forman la base para diseñar y construir una máquina extrusora eficiente y funcional

### **Cálculos Derivados para la Extrusora**

#### **Potencia en kW**

Convertimos los HP a kW:

$$P = 0,75 \text{ HP} \times 0,7457 = 0,56 \text{ kW}$$

#### **Torque del Motor (Nm)**

Confirmado en la placa:

$$T=4,97 \text{ Nm (220V)}, 8,9 \text{ Nm (440V)}$$

#### **Velocidad Angular (rad/s)**

Convertimos la velocidad en rpm a radianes por segundo:

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi(1075)}{60} = 112,6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

#### **Potencia de salida (verificación)**

Verificamos la potencia real con el torque y la velocidad angular:

$$P = T \cdot \omega$$

$$P = 4,97 \cdot 112,6 \approx 559,7 \text{ W (0,56 kW)}$$

Se concluye:

- Este motor de baja potencia es adecuado para una extrusora pequeña, ideal para procesar residuos plásticos como PET.
- La velocidad de 1075 rpm puede reducirse usando una caja de engranajes o poleas, adaptándola a la velocidad del tornillo extrusor (por ejemplo, 15-50 rpm).
- Se debe de tener una ventilación adecuada debido a su clase de aislamiento F y un uso continuo (S1).
- El torque de 4.7 Nm es suficiente para extruir materiales plásticos en cantidades moderadas, dependiendo del diseño del tornillo.

## Requerimientos para la Extrusora

**Velocidad del tornillo:** La velocidad de un tornillo extrusor suele ser baja, entre **50 y 200 rpm**, dependiendo del tipo de material y diseño de la máquina.

**Torque requerido:** Debemos garantizar que el torque transmitido sea suficiente para mover el tornillo bajo carga.

## Reducción de Velocidad (Relación de Transmisión)

Dado que el motor tiene una velocidad de **1075 rpm**, debemos reducirla a una velocidad adecuada para la extrusora.

## Cálculo de la Relación de Reducción

Supongamos que necesitamos una velocidad de **100 rpm** en el tornillo:

$i$  = Velocidad del motor (N1)

$i$  = Velocidad del tornillo (N2)

$$i = \frac{1075}{100} = 10,75$$

Esto significa que necesitamos un sistema de transmisión con una **reducción de 10,75:1**.

## Cálculo del Torque Transmitido

Debemos asegurarnos de que el torque del motor sea suficiente tras la reducción de velocidad.

**Torque del motor:** 4,97 Nm (para 220 V)

**Relación de reducción:**  $i = 10,75$

El torque en el tornillo aumenta proporcionalmente con la reducción:

$$T_{\text{Salidal}} = T_{\text{motor}} i$$

$$T_{\text{Salidal}} = 4,97 \text{ Nm} \cdot 10,75 = 53,32 \text{ Nm}$$

Por lo tanto, el torque disponible en el tornillo será de **95,7 Nm**, lo cual es suficiente para extruir plásticos en máquinas pequeñas o medianas.

### **Elección del Sistema Final**

Se utilizo mayor precisión y eficiencia, elige un reductor de engranajes con una relación de 10,75:1.

### **Verificación de Potencia**

La potencia transmitida debe coincidir con la potencia del motor para evitar pérdidas significativas:

$$P = \frac{T\omega}{1000}$$

Donde:

$T=95,7$  Nm (torque final).

$\omega = \frac{2\pi \cdot 100}{60} = 10,47$  rad/s (velocidad angular a 100 rpm).

$$P = \frac{95,7 \cdot 10,47}{1000} = 1 \text{ kw}$$

Esto confirma que el sistema diseñado aprovecha eficientemente la potencia del motor (0,56 kW), permitiendo un funcionamiento adecuado.

### **Características Técnicas del Motor**

- **Potencia nominal:** 0,75 HP (aproximadamente 0,55 kW).
- **Voltaje:** 220 YY / 440 V (doble voltaje, estrella-estrella en 220V y 440V).
- **Frecuencia:** 60 Hz.
- **Corriente nominal:** 3,8 / 1,66 A (para 220 V y 440 V respectivamente).
- **Torque nominal:** 4,97 Nm (220 V)
- **Velocidad de operación:** 1075 rpm (revoluciones por minuto).
- **Factor de servicio (FS):** 1,15.
- **Factor de potencia (COS  $\phi$ ):** 0,69.
- **Clase de aislamiento:** F (soporta temperaturas hasta 155°C).
- **Grado de protección:** IP55 (protección contra polvo y chorros de agua).
- **Peso:** 8,6 kg.

## Conclusión del motor

Para implementar el motor en la máquina extrusora:

- Reducción de velocidad: Relación 10,75:1 engranajes.
- Velocidad del tornillo: 100 rpm.
- Torque en el tornillo: 95,7 Nm.
- Sistema recomendado: Reductor de engranajes para mayor eficiencia, o poleas si prefieres simplicidad.

Un monohusillo (o extrusor monohusillo) es un tipo de extrusora que utiliza un único tornillo (husillo) dentro de un cilindro o barril para procesar materiales, como polímeros plásticos, mediante calentamiento, compresión y transporte. Este tipo de extrusora es el más común y ampliamente utilizado en aplicaciones industriales.

## Principio de Funcionamiento

El husillo solitario, un corazón palpitante de metal, gira con un implemento helicoidal dentro de una barra redonda térmicamente calentada a lo largo del proceso, la sustancia (generalmente polímero en gránulos o virutas) se introduce en un extremo y, al avanzar a través de la hélice, experimenta diversas fases:

- **Alimentación:** El material sólido ingresa al extrusor a través de una tolva, la estructura misma genera fricción y calor, hasta alcanzar el estado fundido.
- **Transporte y fusión:** Se traslada gracias a la fuerza que genera el motor reductor, el cual hace que el material avance, probando fricción y posterior la fundición.
- **Compresión:** El tornillo disminuye la profundidad del canal, aumentando así la presión y logrando uniformidad en el material fundido.
- **Dosificación y salida:** El material completamente fundido y uniforme es empujado a través de una boquilla (dado) que le da la forma deseada.

## Características de un Monohusillo

- **Un solo tornillo:** Simplicidad en su diseño y operación.
- **Versatilidad:** Puede procesar una amplia gama de materiales plásticos, como PET, PE, PP y PVC.
- **Bajo costo:** Comparado con extrusoras de doble husillo.

- **Aplicación:** Ideal para operaciones de extrusión simple como fabricación de tuberías, perfiles, láminas y filamentos.

### **Ventajas del Monohusillo**

- Diseño simple y de fácil mantenimiento.
- Menor consumo energético en comparación con extrusoras de doble husillo.
- Adecuado para la mayoría de aplicaciones de extrusión en plásticos.

### **Aplicaciones Comunes**

- Producción de tuberías plásticas.
- Fabricación de perfiles y láminas.
- Extrusión de filamentos para impresión 3D.
- Reciclaje de plásticos en máquinas de extrusión.
- Fabricación de recubrimientos y películas plásticas.

**Tabla 7.** *Componentes del sistema extrusor*

Nº de elementos	Nombre	Cantidad
1	Eje	1
2	Tubo cuadrado	2
3	Tubo redondo	3
4	Perfil de Angulo	2
5	Motorreductor	1
6	Plancha de acero	1
7	Cables	10
8	Controlador	3
9	Pernos	16
10	Tuercas	16
11	Cable de alimentación	2

12	Led indicador	1
13	Interruptor de encendido	1
14	Resistencias	4
15	Motor eléctrico (motor trifásico)	1
16	Base estructural	1
17	Cilindro	1
18	Rejilla	1
19	Caja para sistema eléctrico	1

---

Nota. Elaborado por los autores

En la **Tabla 7**, se muestra la tabla del de los componentes que se integró al prototipo de maquina extrusora. La inclusión del motor con su caja reductora que se observa en la **Figura 34**, sugiere la necesidad de supervisión para el mantenimiento preventivo, para conseguir un rendimiento constante. La máquina extrusora, debido a la diversidad de sus componentes indica que la maquina es compleja y adaptable, ideal para extruir diferentes tipos de plásticos.

**Figura 34.** *Prototipo final elaborado*



Nota. Elaborado por los autores

**Criterios de inclusión:** Residuos plásticos de buena calidad de PET-PVC en los que no hay contaminación por materiales orgánicos.

**Criterios de exclusión:** Plásticos que no son PET-PVC o que tienen contaminación severa.

### Costo del proyecto

**Tabla 8.** *Costo del prototipo de maquina extrusora*

Rubro	Descripción	Cantidad	Monto (USD)
Materiales directos	PVC-PET reciclado-prueba	25 lbs	\$20
	Componentes para prototipo (tornillos, motores, ect.)		\$500
	Molde de plancha acero inoxidable 0.3 mm	1	\$ 100,00
Mano de obra	Ajustes de imperfecciones en talleres industriales	1	\$ 150,00
Equipos y herramienta	Equipos de laboratorio		\$ 100,00
	Herramientas especiales		\$ 100,00
Gastos generales	Alquiler de espacio	1	\$10
	Consumibles	1	\$100

Costos administrativos	Gestión de proyecto	<b>1</b>	\$100
Evaluación y validación	Consultorías externas	<b>2</b>	\$100
Movilización de materiales	Reserva para imprevistos	<b>1</b>	\$100
<b>Total</b>			<b>\$1380</b>

## CONCLUSIONES

La revisión de los métodos mixtos en el estado del arte resultó crucial para guiar el desarrollo del prototipo de la máquina extrusora, ya que proporcionó un esquema estructurado y secuencial para las distintas etapas del proyecto. A partir del análisis de 50 artículos científicos, se identificaron los pasos esenciales que abarcaron desde la selección y evaluación de materiales hasta el modelado digital, la construcción física del equipo y su puesta en funcionamiento.

Este estudio, comienza con la selección de materiales, la planificación de la protección, la elección de herramientas, el cálculo de cantidades, la verificación de resultados y la finalización de la construcción. El método de vigilancia, una red de datos, permitió evaluar con precisión cada etapa, generando información valiosa a esta investigación.

Con base en la presente investigación, el uso de plásticos reciclados en la producción de bloques de construcción se ha identificado como una estrategia de construcción rentable y ambientalmente sostenible. Sin embargo, el rendimiento de la máquina no fue tan eficaz como se pretendía lograr porque la máquina tenía algunos problemas relacionados con el motor debido a su 0,75 hp de potencia, lo que limitó su eficiencia. Sin embargo, el análisis financiero demuestra que este proyecto sería factible si se ajusta el diseño técnico para mejorar la eficacia del prototipo de la extrusora.

## **RECOMENDACIONES**

A partir del análisis realizado en este documento de investigación, se recomienda utilizar el método de revisión de la literatura con la utilización de enfoques de métodos mixtos, ya que este método ayudó en la formación de una base teórica y práctica sustancial que fue una estructura clave para el proyecto. Es crítico llevar a cabo búsquedas extensas y organizadas en fuentes científicas actuales y metodológicamente relevantes para ayudar a detectar emprendimientos similares en proyectos futuros en la medida en que se busca mejorar el diseño de la solución de ingeniería y reducir el tiempo y los costos en las etapas de desarrollo.

Asimismo, se recomienda asegurar que se mantenga la consistencia entre la metodología adoptada, los objetivos y metas de los proyectos particulares, como se hizo durante este estudio, lo que permitió una planificación adecuada e instalación funcional del prototipo. Utilizar metodologías probadas y tabuladas que sean relevantes para las necesidades específicas de cada proyecto ayuda a garantizar la calidad de los resultados en todas las etapas del proyecto, logrando resultados más creíbles y confiables.

Finalmente, para futuras investigaciones, se sugiere realizar cambios en la construcción del diseño de la máquina extrusora con el fin de corregir esos problemas técnicos relacionados con la precisión del cilindro y otros componentes mecánicos que limitaban un rendimiento adecuado.

## REFERENCIAS

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: CONCEPTOS, PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS. *DEARQ - Revista de Arquitectura / Journal of Architecture*, 14–23.
- Aimplas. (2022). *Exclusión reactiva*. <https://www.aimplas.es/tecnologias/extrusion-reactiva/>
- Andreia, J., & Jiménez, H. (2019). *Metodología de Evaluación de Prototipo Innovador*.
- Arboleda, J. (2023). *Evaluación de Bloques de Concreto Tipo P Incorporando Polietileno de Alta Densidad Reciclado*. <https://orcid.org/0000-0002-5748-6262>
- Arguello, J. (2022). *INEC*. [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
- Arias, J. (2021). Guía para elaborar la operacionalización de variables. *Revista Espacio I+D Innovación Más Desarrollo*, X(28), 42–56. <https://doi.org/10.31644/IMASD.28.2021.a02>
- Ariño, O. M., & Pareja, L. S. (2020). *GUÍA PARA EL DESARROLLO DE UNA REVISIÓN SISTEMATIZADA DE LA LITERATURA*. <http://hdl.handle.net/10459.1/83796>
- Áviles, R., & Ochoa, S. (2021). *Diseño de una máquina trituradora extrusora de residuos de impresiones 3D para la empresa Alium EC ubicada en la ciudad de Cuenca* [Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21416/1/UPS-CT009414.pdf>.
- Baas, J., Schotten, M., Plume, A., Côté, G., & Karimi, R. (2020). Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1(1), 377–386. [https://doi.org/10.1162/qss\\_a\\_00019](https://doi.org/10.1162/qss_a_00019)
- Bastidas, F. I., López, S. I., Flores III, C., & Vásconez, D. I. (2022). *Diseño de una máquina extrusora para la obtención de agregados utilizando neumáticos y*

*botellas recicladas siguiendo la norma ASTM E11. 7(7), 803–813.*  
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i7>

Benavides, E., & Fajardo, J. (2024). *Desarrollo de un prototipo de máquina trituradora y extrusora de plástico.*

Betancourt, F. (2019). *ESTUDIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES DE MATERIALES PLÁSTICOS RECICLADOS.*

Biéc, M., Curzel, H., Martorelli, L., López, E., Piedrafita, G., & Fioretti, C. (2020). APROVECHAMIENTO DEL PET COMO ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO SOCIO AMBIENTAL. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente, 24*, 299–307.

Budiyantoro, C., Rochardjo, H. S. B., & Nugroho, G. (2021). Design, manufacture, and performance testing of extrusion–pultrusion machine for fiber-reinforced thermoplastic pellet production. *Machines, 9(2)*, 1–17.  
<https://doi.org/10.3390/machines9020042>

Caicedo, L., & Restrepo, J. (2020). *DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y ADOQUINES A PARTIR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN(RCD).*

Campos, D., & Caraguay, E. (2021a). “*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA EXTRUSORA PARA FUNDIR PLÁSTICO PET RECICLABLE CON CAPACIDAD DE 5KG/H [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA].*  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20768/4/UPS%20-%20TTS475.pdf>

Cárdenas, R. (2019). *IMPRESIÓN 3D: LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y SOCIAL.* <https://www.linkedin.com/pulse/impresi%C3%B3n-3d-la-cuarta-revoluci%C3%B3n-industrial-y-social-j-rafael/>

Castañón, N. (2023). *El ladrillo de plástico que cambiará la construcción: muy resistente y levanta las casas como Legos.*

[https://www.elespanol.com/omicron/tecnologia/20231005/ladrillo-plastico-cambiara-construccion-resistente-levanta-casas-legos/797420477\\_0.html](https://www.elespanol.com/omicron/tecnologia/20231005/ladrillo-plastico-cambiara-construccion-resistente-levanta-casas-legos/797420477_0.html)

- Castro, Á. (2023, October 20). *Extrusión de plásticos: proceso, máquinas extrusoras y aplicaciones*. <https://www.pt-mexico.com/articulos/extrusion-de-plasticos-proceso-maquinas-extrusoras-y-aplicaciones>
- Castro, M. (2019). *Con plástico reciclado se construyen aulas de clase en África / Plastics Technology Mexico*. <https://www.pt-mexico.com/noticias/post/con-plastico-reciclado-se-construyen-aulas-de-clase-en-africa>
- Chen, H., Zhang, D., Chen, P., Li, N., & Perrot, A. (2023). A Review of the Extruder System Design for Large-Scale Extrusion-Based 3D Concrete Printing. In *Materials* (Vol. 16, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ma16072661>
- Codina, L. (2020). Cómo hacer revisiones bibliográficas tradicionales o sistemáticas utilizando bases de datos académicas. *Revista ORL*, 11(2), 139–153. <https://doi.org/10.14201/orl.22977>
- Coral, N., & Izquierdo, D. (2021). *EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA IMPRESIÓN 3D CON RECICLADO DE BOTELLAS PET-G PARA PRÁCTICAS DE PROTOTIPADO EN LABORATORIOS AUNAR*.
- Cotacallapa-Sucapuca, M., Vega, E. N., Maieves, H. A., Berrios, J. D. J., Morales, P., Fernández-Ruiz, V., & Cámara, M. (2021). Extrusion process as an alternative to improve pulses products consumption. A review. *Foods*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/foods10051096>
- Cruz, W., & Betancourt, J. (2022). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS A PARTIR DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS DE IMPRESIONES 3D PARA EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GIDETER-ESPOCH*.
- Cuadrado, E., & Chaliá, M. (2019). *Comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de los bloques fabricados con viruta de plástico PET y los bloques tradicionales de acuerdo a la norma NTE INEN 3066*.

- Cutipa, O., & Rodríguez, E. (2020). *Diseño de extrusora para la fabricación de filamento a base de polímeros termoplásticos utilizados en el Fab Lab de la Universidad Continental Arequipa-2020.*
- Daza, A., & Ortega, L. (2024). *Desarrollo de un prototipo de extrusora de plástico (PET) para la fabricación de madera plástica reciclada.*
- de Luna, M., Reyes, G., Herrada, G., Ortiz, S., Benjamín, R., Valdivia, C., & Cortes, R. (2022). *Diseño y construcción de extrusora de PET reciclado.* <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94472192003>
- de Oliveira Filho, M., de Jesus, M. C., Nakazato, A. Z., Kondo, M. Y., & de Oliveira Hein, L. R. (2022). Instrumented open-source filament extruder for research and education. *HardwareX*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00362>
- Dena, J. A., Diaz-Ponce, A., Delgado-Flores, J. C., Olvera-Gonzalez, E., Escalante-Garcia, N., & Velasco-Gallardo, V. M. (2023). Design and Construction of a Solar Electric Plastic Extruder Machine Based on a Parabolic Trough Collector. *IEEE Access*, 11, 124570–124583. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3328910>
- Díaz, J. (2021). *Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo*. 29 N° 2, 182–183. <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/artificial-intelligence-and-the->
- Díaz, P. (2023, May 25). *Extrusión: ¿Qué es y cómo funciona?* <https://www.plastico.com/es/noticias/extrusion-que-es-y-como-funciona>
- Doria, A., & Orozco, J. (2020). *EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE ELABORADO CON CAL PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE*. 1. <https://doi.org/10.24054/16927257.v35.n35.2020.3922>
- Dueñas, S., & Liliana, Y. (2024). *Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos para la construcción sostenible.*
- Envaselia. (2022). *PET o PVC: Cuándo usar cada uno.* <https://www.ensavelia.com/blog/pet-o-pvc-cuando-usar-cada-uno-id22.htm>

- Eyüboğlu, H., & Yanılmaz, Z. (2023). *The Use of Recycled Plastics in the Production of Building Materials in the Context of Sustainability*. [www.iksadyayinevi.com](http://www.iksadyayinevi.com)
- Fajardo, J., & Fonseca, C. (2023). *VENTAJAS DEL USO DE TERMOPLÁSTICO POSCONSUMO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS PARA VIVIENDAS EN COLOMBIA*.
- Fernandes Pereira, J., Cristina, M., Mattos, C., Gomes, F., Filho, R., & Santos, S. F. (2019). *COMPÓSITOS DE PET, PÓS-CONSUMO, COM MICA POST-CONSUMPTION PET AND MICA COMPOSITES*.
- Fernández, V. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu Emprendedor TES*, 4(3), 65–76. <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>
- Flores, A. (2020). *Extrusor para polímeros*.
- Gaibor, E., & Loja, A. (2024). *Desarrollo del sistema de extrusión de filamento a partir de botellas plásticas para el uso en impresión 3D [Universidad Politécnica Salesiana]*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28059/1/UPS-GT005479.pdf>
- Galileo. (2023). *El Impacto de la construcción en el medio ambiente*. <https://www.galileo.edu/ficon/noticias/el-impacto-de-la-construccion-en-el-medio-ambiente/>
- Gallo, A., & Toaquiza, Í. (2022). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE EXTRUSORA DE PLÁSTICOS PARA LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN “LA MANÁ.”*
- García-León, R., Argotta-Isidro, B., & Quintero-Quintero, W. (2020). Diseño de una máquina de termoconformados para la fabricación de filamento ABS Y PLA. *Informador Técnico*, 85(1). <https://doi.org/10.23850/22565035.2865>
- Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., & Villarando, H. (2020). *NUEVO MATERIAL SUSTENTABLE: LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE RESIDUOS INORGÁNICOS*.
- González, C. (2021). *“Diseño de un Extrusor de Impresión 3D para el Reciclado de Plástico.”*

- González, G. C., & Pomar Fernández, S. (2021). La economía circular en los nuevos modelos de negocio. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 9(23). <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79933>
- Grace, R. (2023). Plastics Waste for Rapid, Low-Cost Housing and Buildings | Plastics Engineering. *Plastics Engineering*. <https://www.plasticsengineering.org/2023/11/building-blocks-made-of-plastics-waste-spur-affordable-construction-000751/#!>
- Greenpeace. (2019). *Datos sobre la producción de plásticos*. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
- Gutiérrez, C., & Vargas, L. (2017). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA PARA CREAR EL FILAMENTO DE LA IMPRESORA 3D A PARTIR DE MATERIAL PLÁSTICO*.
- Guzmán, A., Cuatzo, M., & Balderas, G. (2022). *Diseño y construcción de una extrusora para la obtención de filamento PLA reciclado* (Vol. 16, Issue 3).
- Hachimi, T., Naboulsi, N., Majid, F., Rhanim, R., Mrani, I., & Rhanim, H. (2021). Design and Manufacturing of a 3D printer filaments extruder. *Procedia Structural Integrity*, 33(C), 907–916. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2021.10.101>
- Hassan, H., Rodriguez-Ubinas, E., Al Tamimi, A., Trepici, E., Mansouri, A., & Almehairbi, K. (2024). Towards innovative and sustainable buildings: A comprehensive review of 3D printing in construction. In *Automation in Construction* (Vol. 163). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105417>
- Hernandez Espindola, H. M. de la L., Arenas Jacinto, J. A., & Rodríguez Licea, G. (2024). Desafíos y Oportunidades de la Economía Circular en la Zona Oriente del Estado de Mexico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 7827–7843. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1.10109](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10109)
- Herrarte, I. (2024). *PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTO PARA IMPRESIÓN 3D A PARTIR DEL RECICLADO DE*

*BOTELLAS PET* [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE].  
<https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/78d0597f-b4f9-4dc6-83bf-7ad119bc8c6a/content>

Hidalgo-Crespo, Jervis, Moreira, Soto, & Amaya. (2020). Introduction of the circular economy to expanded polystyrene household waste: A case study from an Ecuadorian plastic manufacturer. *Elsevier*, 90(1).  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282712030250X?via%3Dihub>

Holguín, L. (2020). *EVALUACIÓN DE PROTOTIPO DE BLOQUES ECOLÓGICOS FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MENORES.*

Hyvärinen, M., Jabeen, R., & Kärki, T. (2020). The modelling of extrusion processes for polymers-A review. In *Polymers* (Vol. 12, Issue 6). MDPI AG.  
<https://doi.org/10.3390/polym12061306>

Igua, B., & Gil, I. (2018). *Planta piloto para la trituración del plástico PET, integrado al sistema de transformación del plástico.*

Initube. (2022). *Acero al carbono y acero inoxidable.* <https://initube.es/acero-al-carbono/>

Jiménez, L. (2020). IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA EN LA ACTUALIDAD. *Convergence Tech*, 4, 59–68.

Jinescu, V. V, Juganaru, M., Jinescu, C., & Sporea, N. (2021). Determination of an Extrusion Machine Performance Based on the Working Field of the Extruder Die. *Mater. Plast*, 58(3), 217–230. <https://doi.org/10.37358/Mat.Plast.1964>

Kumar, S., Sooraj, R., & Vinod Kumar, M. V. (2021). Design and Fabrication of Extrusion Machine for Recycling Plastics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1065(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1065/1/012014>

Kumi-Larbi Jnr, A., Mohammed, L., Tagbor, T. A., Tulashie, S. K., & Cheeseman, C. (2023). Recycling Waste Plastics into Plastic-Bonded Sand Interlocking Blocks

for Wall Construction in Developing Countries. *Sustainability (Switzerland)* , 15(24). <https://doi.org/10.3390/su152416602>

Leonardo GR. (2022, March 1). *Características del PET*.

Lopez, I. H., Steven, J., & Villamil, M. (2024). *PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTO PARA IMPRESIÓN 3D A PARTIR DEL RECICLADO DE BOTELLAS PET*.

Masot, O., & Selva, L. (2020). *GUÍA PARA EL DESARROLLO DE UNA REVISIÓN SISTEMATIZADA DE LA LITERATURA*. <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/933b7ae6-d6dd-4227-a8bd-9bda97ae5e1a/content>

Mejía, D. (2020). *ESTUDIO DEL MANEJO DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN COLOMBIA*.

Mendoza, J. (2020). *Realidad y expectativa sobre la construcción sostenible en Ecuador*. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i43.1116>

Meza, A., García, E., González, R., Sierra, R., Chávez, F., & Reyes, R. (2022). Diseño y construcción de extrusora de PET reciclado. *Conciencia Tecnológica*, 1(63). <https://www.redalyc.org/journal/944/94472192003/html/>

Ministerio del Ambiente, A. y T. E. (2022). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. <https://www.ambiente.gob.ec/>

Moreno, W., & Ramírez, F. (2020). Restauración del panel de control y sistema eléctrico de una máquina extrusora de alimentos. *RRAAE*, 10(2).

Musiół, M., Ranote, S., Sikorska, W., Duale, K., & Kowalczyk, M. (2024). Eco-Friendly Biodegradable Materials for Industrial and Building Applications. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15738-7.00045-3>

Nayapi, J. (2022). *PROPUESTA DE GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS DE ORIGEN DOMESTICO COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES, EN EL CANTÓN HUAMBOYA*.

- Nieto-Yali, C. L., Ceras-Eguavil, R. A., Albornoz-Zevallos, A. K., Beraún-Espíritu, M. M., Coaquira-Rojo, C. A., & Turpo-Ccoa, S. (2023). Design of a Semi-Automatic Hydraulic Extruder Machine for the Manufacture of Pastry Bricks Using VDI 2221. *E3S Web of Conferences*, 465. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346501016>
- Nuñez, L., Andrade, R., Ortíz, C., & Bustamante, S. (2023). *Determinación de la Transmitancia Térmica Para Bloques con Polietileno de Tereftalato Reciclado*. <https://orcid.org/0000-0002-6768->
- Obando Zambrano, B. S. (2024). Desarrollo de primera defensa de Trabajo Final de Investigación Aplicada a la Maestría realizada en el Metaverso en Costa Rica. *Revista Educación*, 1–16. <https://doi.org/10.15517/revedu.v48i2.58523>
- ONU. (2018). *La ONU lucha por mantener los océanos limpios de plásticos | Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2017/05/1378771>
- Orozco Lab. (2024, January 23). *Desafíos ambientales en el siglo XXI: residuos peligrosos y sus oportunidades*. <https://www.ozcolab.info/desafios-ambientales-en-el-siglo-xxi-residuos-peligrosos-y-sus-oportunidades>
- Ortiz-Hernandez, C., Troncoso-Palacio, A., Acosta-Toscano, D., Begambre-Meza, R., & Troncoso-Mendoza, B. (2019). *Utilización de Herramientas de Calidad para la Mejora en los Procesos de Extrusión de Plásticos*. 1(1), 1–07. <https://doi.org/10.17981/bilo>
- Patel, A., & Taufik, M. (2022). Extrusion-Based Technology in Additive Manufacturing: A Comprehensive Review. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49(2), 1309–1342. <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07539-1>
- Piñero, M., & Herrera, R. (2018). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), APLICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA*.
- Plastecnic. (2020). *Plásticos técnicos*. <https://www.plastecnic.com/plasticos-tecnicos>

- Portilla, M. (2019). *Urban solid waste management in Latin America: a conceptual approach*. <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=jPeHOggAAAAJ>
- Poyatos. (2023, January 29). *Construcción ecológica: ¿Qué es?* <https://www.poyatos.com/blog/construccion-ecologica-que-es>
- Rached, S., del Castillo, A., & Donoso, M. (2021). *La basura plástica llegó a América-Latina*.
- Ramón, M., & Vivanco, R. (2023). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTO DE USO GENERAL USANDO COMO MATERIA PRIMA BOTELLAS DE PLÁSTICO PET EN LA CIUDAD DE LOJA PARA EL PERIODO ABRIL - SEPTIEMBRE 2023*.
- Rashwan, O., Koroneos, Z., Townsend, T. G., Caputo, M. P., Bylone, R. J., Wodrig, B., & Cantor, K. (2023). Extrusion and characterization of recycled polyethylene terephthalate (rPET) filaments compounded with chain extender and impact modifiers for material-extrusion additive manufacturing. *Scientific Reports*, *13*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41744-8>
- Rehau. (2022). *¿Qué es el PVC?* <https://www.rehau.com/es-es/que-es-el-pvc>
- Rengifo, R., & Romero, A. (2021). *DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE BLOQUE DE PLÁSTICO RECICLADO, PARA EL USO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE UNA VIVIENDA - TARAPOTO*.
- Rivadeneira, L. (2021). *ESTUDIO CINÉTICO DE LA DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DE PLÁSTICOS DE POLIETILENO TEREFALATO (PET) RECICLADO [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16786/1/96T00700.pdf>
- Robayo-Salazar, R. A., Valencia-Saavedra, W., Ramírez-Benavides, S., Gutiérrez, R. M. de, & Orobio, A. (2021). Eco-house prototype constructed with alkali-activated blocks: Material production, characterization, design, construction, and environmental impact. *Materials*, *14*(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ma14051275>

- Rojas, T. (2024). *ABC del Plástico: una guía completa de tipos, usos e impacto ambiental*. <https://www.plastico.com/es/noticias/abc-del-plastico-una-guia-completa-de-tipos-usos-e-impacto-ambiental>
- Romani, A., Rognoli, V., & Levi, M. (2021). Design, materials, and extrusion-based additive manufacturing in circular economy contexts: From waste to new products. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 13). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su13137269>
- Saffari, M., & Beagon, P. (2022). Home energy retrofit: Reviewing its depth, scale of delivery, and sustainability. In *Energy and Buildings* (Vol. 269). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112253>
- Sánchez, L., Nelson, T., & Angela, O. (2022). *El uso de plástico reciclado para el desarrollo de materiales de construcción no estructurales*. <https://orcid.org/0000-0001-6330-4181>
- Sangucho, D., Velasco, D., & Viera, L. (2020). Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2). <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/4495/6349>
- Santafe, E. (2021). *POLÍMEROS RECICLADOS PET EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE EN BOGOTA*.
- Servei Estació. (2021). *¿Qué es el PET? Características, usos y aplicaciones*. [https://serveiestacio.com/blog/que-es-el-pet/?srsltid=AfmBOoq3PvWpezjw2dOSD8p0zA\\_zjQUJ4Pa5JhtkclMvMCYPs\\_xj5ZDk](https://serveiestacio.com/blog/que-es-el-pet/?srsltid=AfmBOoq3PvWpezjw2dOSD8p0zA_zjQUJ4Pa5JhtkclMvMCYPs_xj5ZDk)
- Shaik, Y. P., Schuster, J., & Shaik, A. (2021). A scientific review on various pellet extruders used in 3d printing FDM processes. *OALib*, 08(08), 1–19. <https://doi.org/10.4236/oalib.1107698>
- Sicnova. (2024, July 18). *Impresión 3D con pellets: Todo lo que necesitas saber*. <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/impresion-3d-con-pellets/>

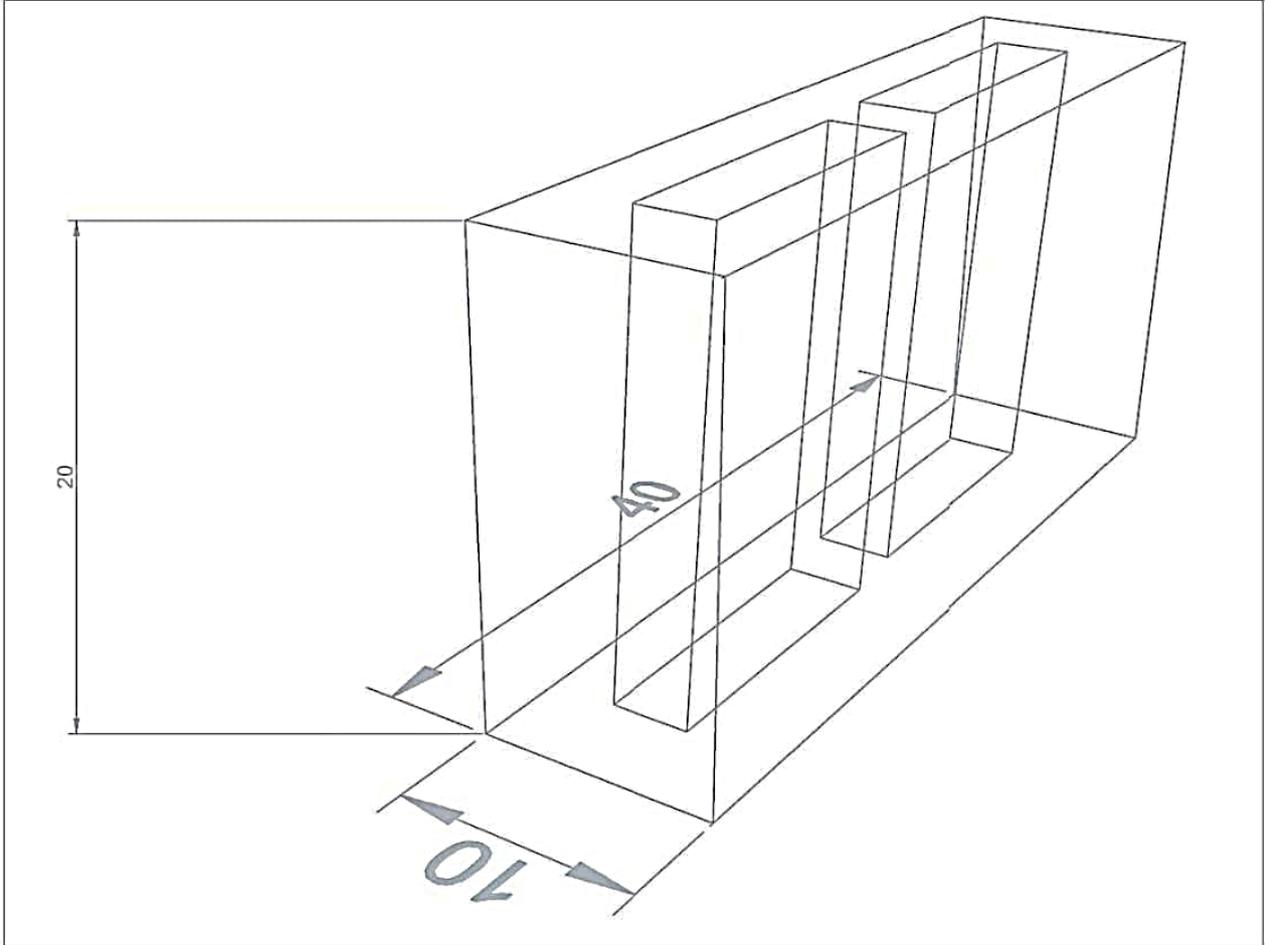
- Sierra, A., & Sánchez, D. (2023). *DESARROLLO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE PLASTICO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE PERFILES SINTETICOS*.
- Solerpalau. (2024, June 21). *Materiales aislantes térmicos: tipos y aplicaciones*.  
<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/materiales-aislantes-termicos/>
- Solorzano, H., & Toral, D. (2022). *DISEÑO, CONSTRUCCION Y MONITOREO DE EXTRUSORA DE FILAMENTO CON CAMARA REGULADORA DE HUMEDAD USANDO LABVIEW*.
- Soomro, S. A., Casakin, H., & Georgiev, G. V. (2021). Sustainable design and prototyping using digital fabrication tools for education. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13031196>
- Vásconez, D. (2022). *DISEÑO DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA PARA LA OBTENCIÓN DE AGREGADOS UTILIZANDO NEUMÁTICOS Y BOTELLAS RECICLADAS SIGUIENDO LA NORMA ASTM E11 [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]*.  
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17207/1/15T00813.pdf>
- Velasco, D., & Pilco, N. (2022). *Diseño y validación de una extrusora de filamento para impresoras 3D*.
- Villamar, J. (2022). *ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICO EN DIFERENTES ORGANISMOS MARINOS DEL ECUADOR 2018- 2021 [UPSE]*.  
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8865/1/UPSE-TBM-2022-0033.pdf>
- Wilczyński, K., Nastaj, A., Lewandowski, A., Krzysztof Wilczyński, K., & Buziak, K. (2019). Fundamentals of global modeling for polymer extrusion. In *Polymers* (Vol. 11, Issue 12). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/polym11122106>
- Wileidys, M., & Beatriz, É. (2019). *TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUALI-CUANTITATIVOS*.

WWF. (2022, April 4). *El informe del IPCC destaca la necesidad urgente de escalar las soluciones climáticas para afrontar el aumento de las emisiones.*  
<https://www.wwf.org.ec/?uNewsID=376053>

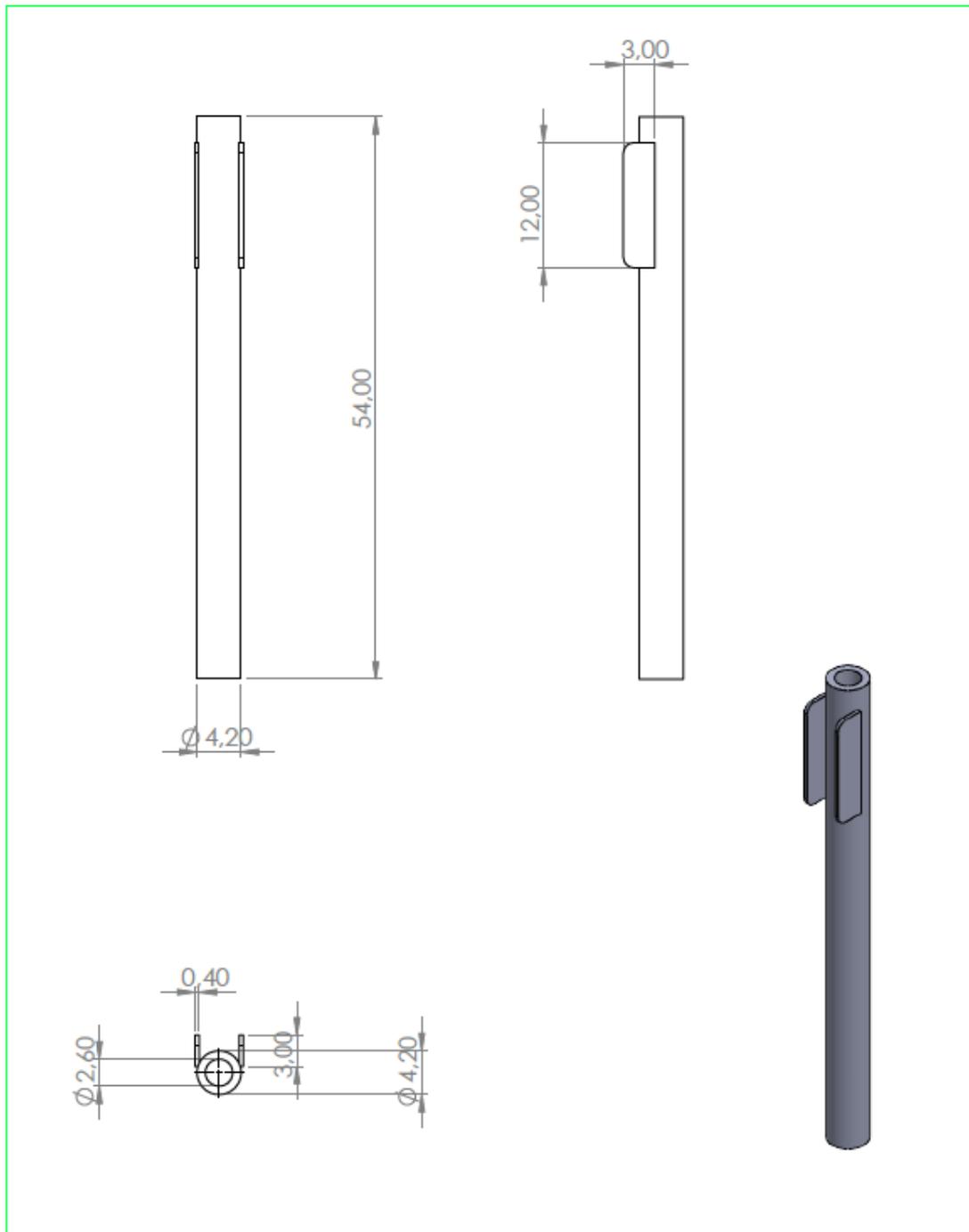
Young, P. (2023). *Tema 1: Estructura y proceso.*  
<https://www.nextgenscience.org/pe/ms-ets1-3-engineering-design>

# ANEXOS

## *Anexo 1. Matriz del bloque*

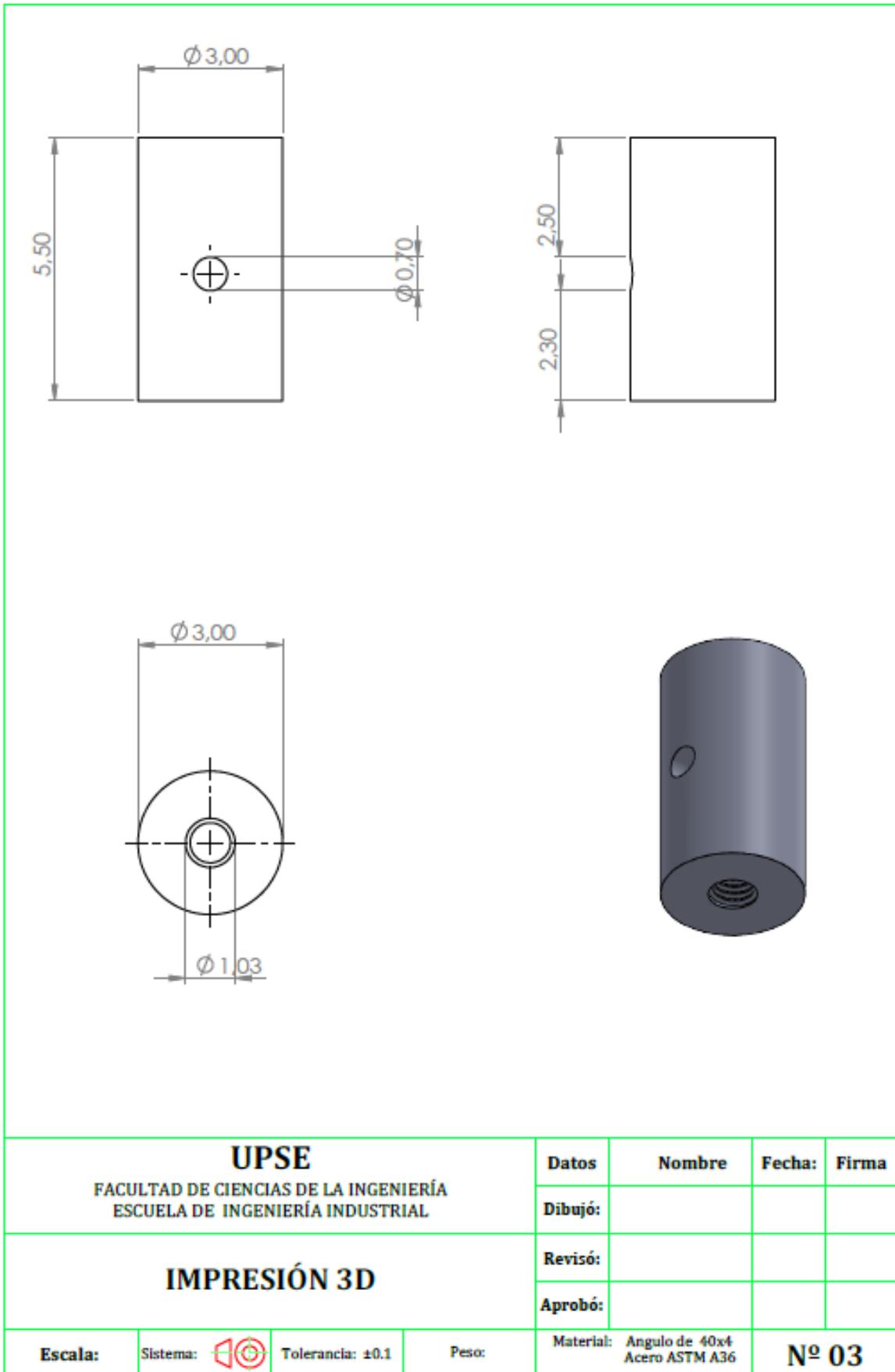


**Anexo 2. Plano cilindro con su barra de soporte**

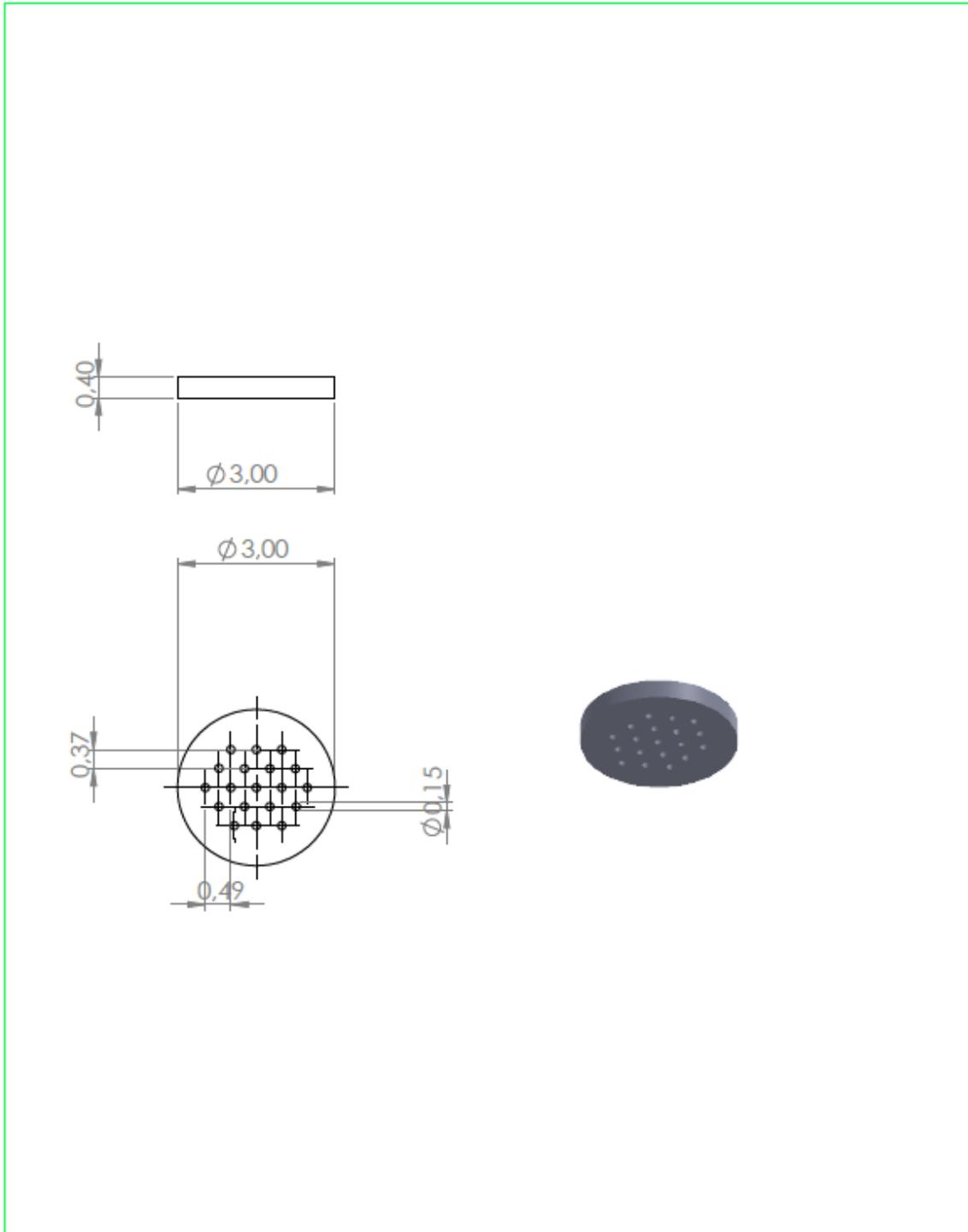


<p align="center"><b>UPSE</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>		<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Firma</b>
		<b>Dibujó:</b>			
<p align="center"><b>IMPRESIÓN 3D</b></p>		<b>Revisó:</b>			
		<b>Aprobó:</b>			
<b>Escala:</b>	Sistema: 	Tolerancia: ±0.1	Peso:	Material: Angulo de 40x4 Acero ASTM A36	<b>Nº 03</b>

**Anexo 3. Plano boquilla**

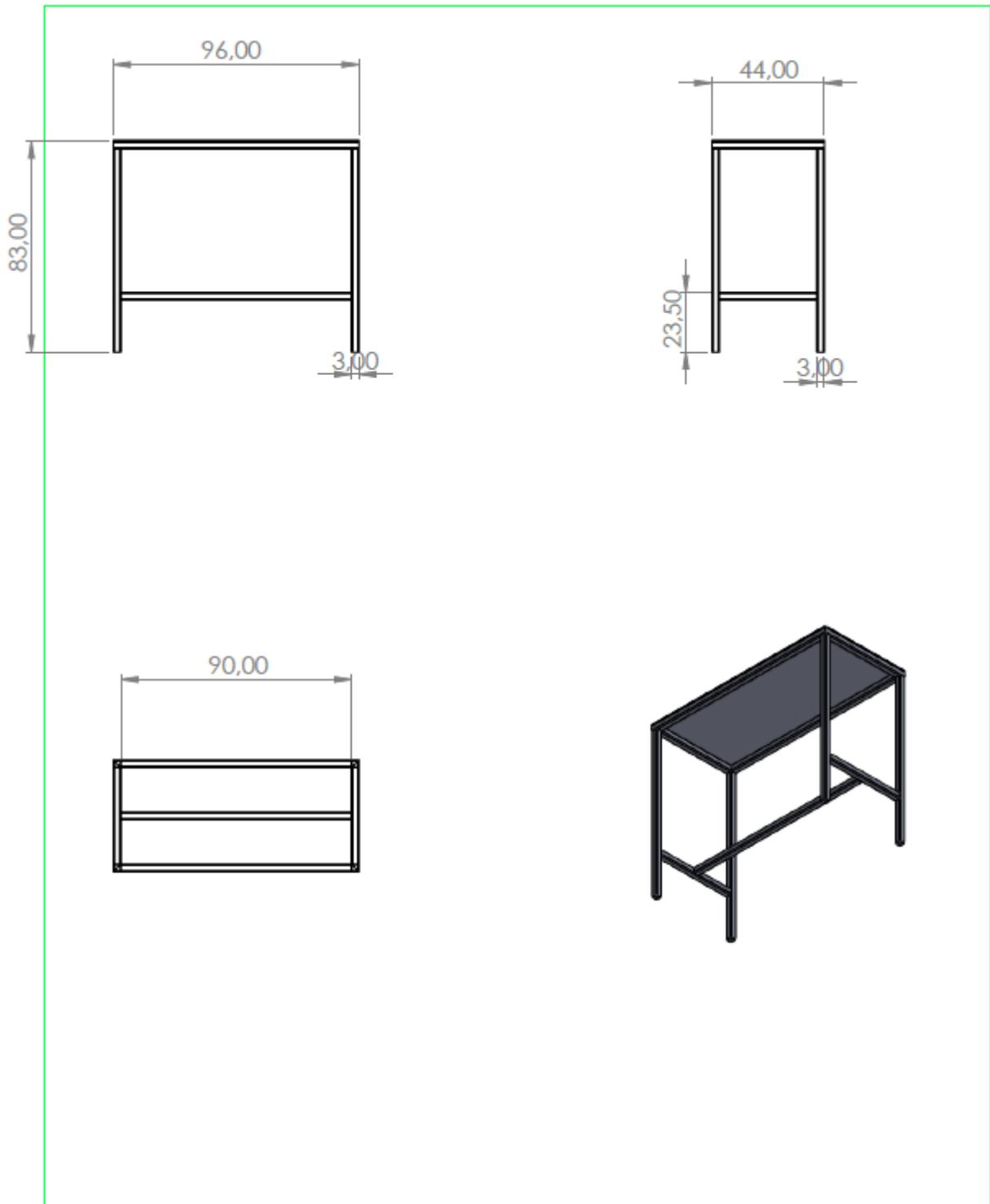


**Anexo 4. Plano filtro de boquilla**



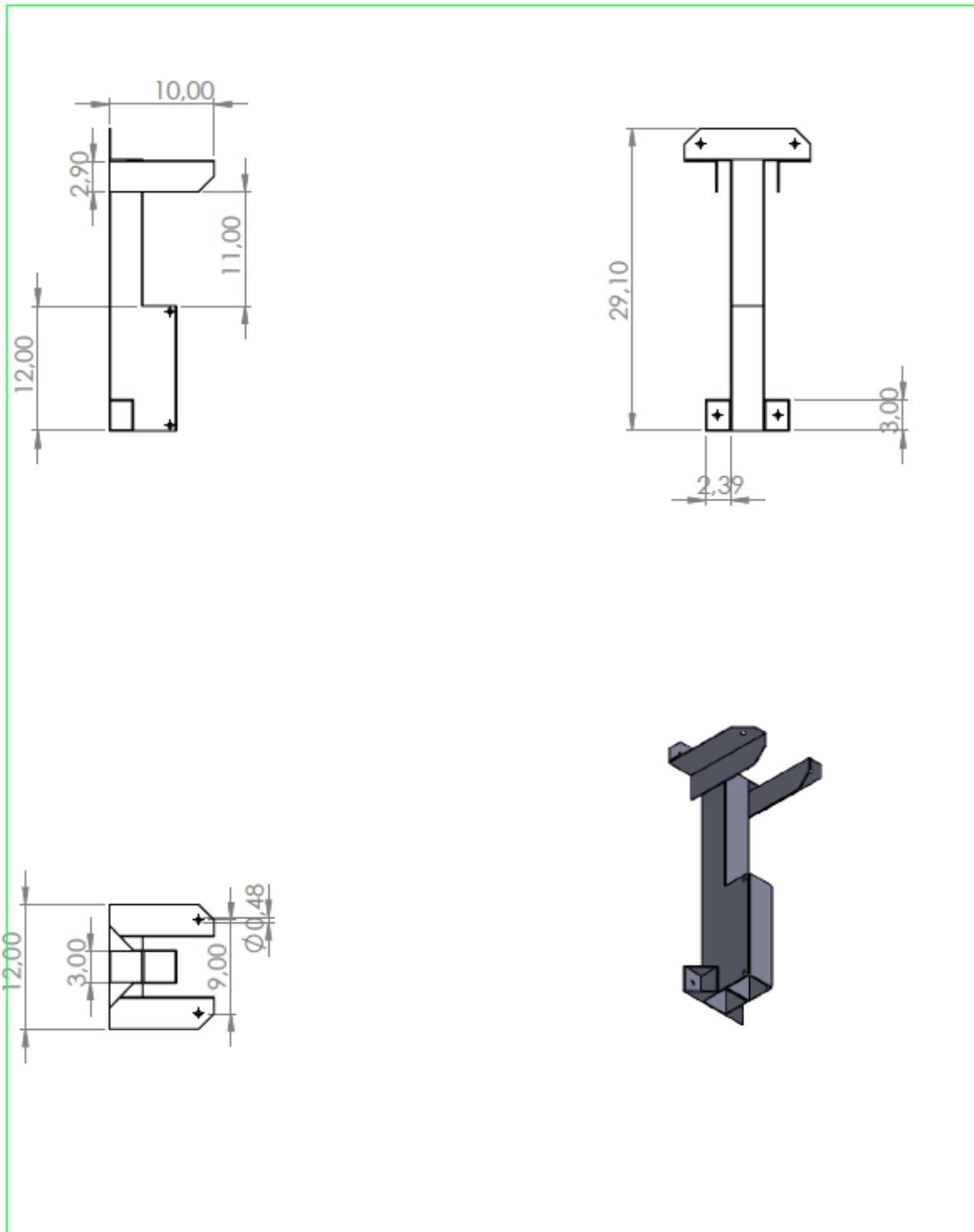
<p align="center"><b>UPSE</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>				<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Firma</b>
				Dibujó:			
<p align="center"><b>IMPRESIÓN 3D</b></p>				Revisó:			
				Aprobó:			
<b>Escala:</b>	Sistema: 	Tolerancia: ±0.1	Peso:	Material: Angulo de 40x4 Acero ASTM A36	<b>Nº 03</b>		

**Anexo 5. Plano mesa de soporte de la maquina**



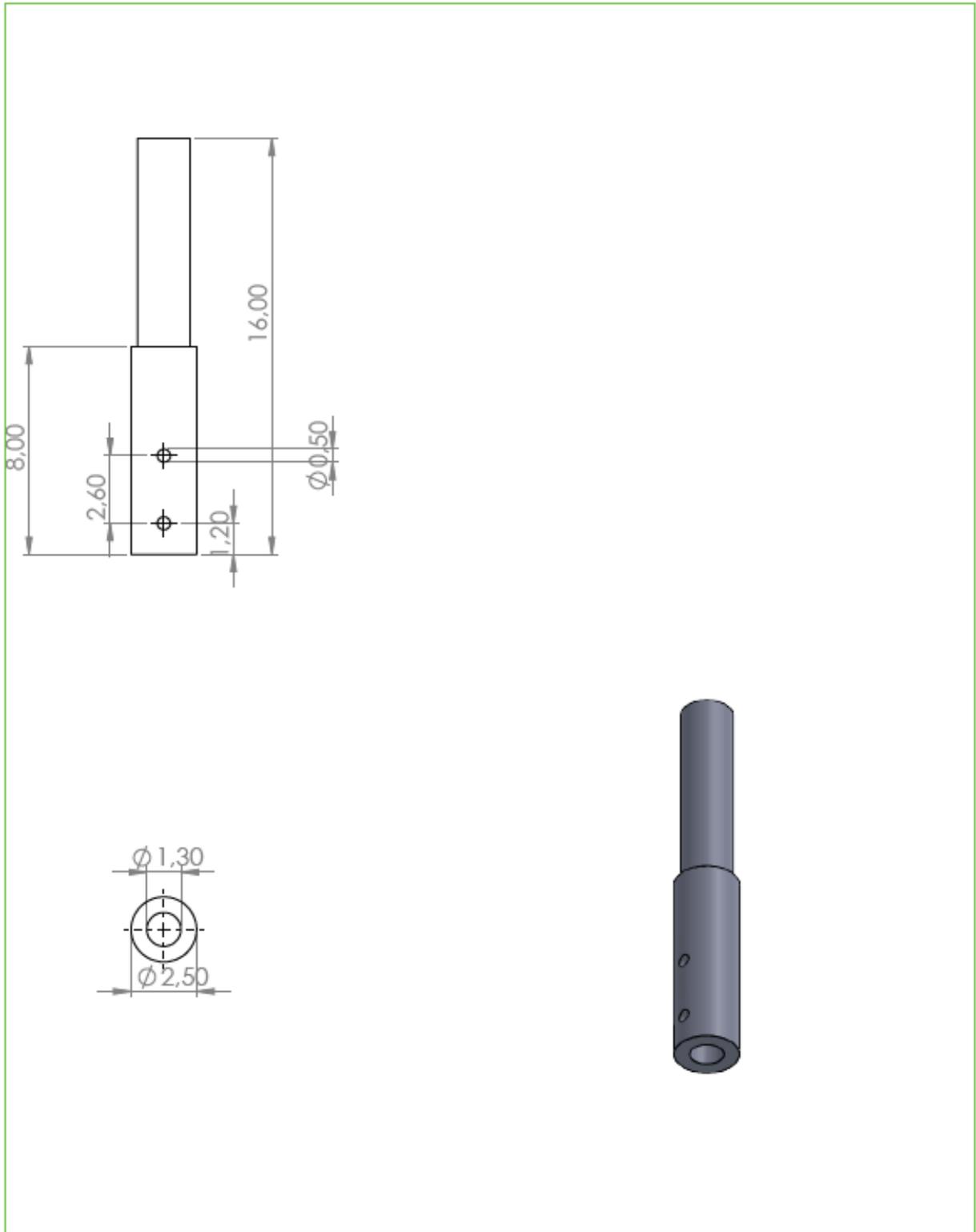
<b>UPSE</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL				<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Firma</b>
				Dibujó:			
<b>IMPRESIÓN 3D</b>				Revisó:			
				Aprobó:			
<b>Escala:</b>	Sistema: 	Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso:	Material: Angulo de 40x4 Acero ASTM A36	<b>Nº 03</b>		

Anexo 6. Plano soporte de barra



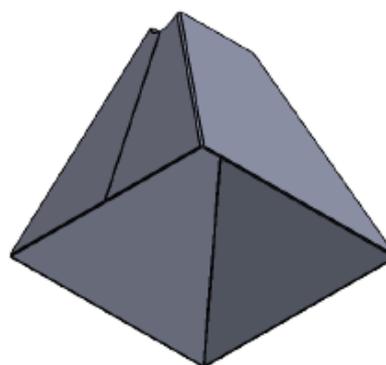
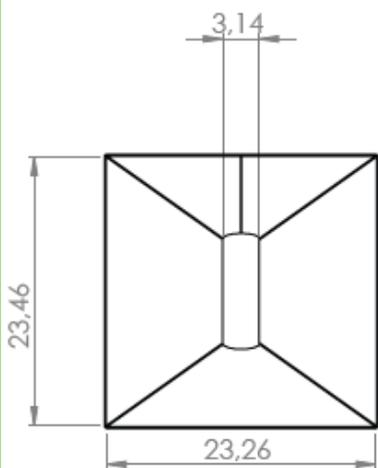
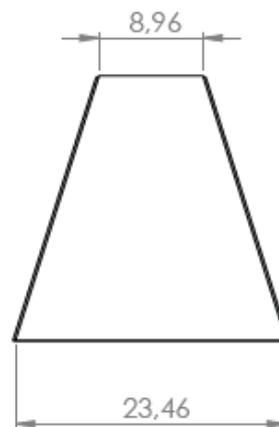
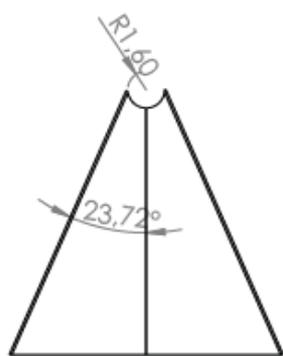
<p align="center"><b>UPSE</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>		<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Firma</b>
		Dibujó:			
<p align="center"><b>IMPRESIÓN 3D</b></p>		Revisó:			
		Aprobó:			
<b>Escala:</b>	Sistema: 	Tolerancia: ±0.1	Peso:	Material: Angulo de 40x4 Acero ASTM A36	<b>Nº 03</b>

Anexo 7. Plano de soporte del barril



<p style="text-align: center;"><b>UPSE</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>		Datos	Nombre	Fecha:	Firma
		Dibujó:			
<p><b>IMPRESIÓN 3D</b></p>		Revisó:			
		Aprobó:			
Escala:	Sistema: 	Tolerancia: ±0.1	Peso:	Material: Angulo de 40x4 Acero ASTM A36	<b>Nº 03</b>

Anexo 8. Plano de tolva



<b>UPSE</b> FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL				Datos	Nombre	Fecha:	Firma
				Dibujó:			
<b>IMPRESIÓN 3D</b>				Revisó:			
				Aprobó:			
Escala:	Sistema:		Tolerancia: ±0.1	Peso:	Material: Angulo de 40x4 Acero ASTM A36	<b>Nº 03</b>	

Anexo 9. Prototipo completo

**SECCIÓN D-D**

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		FISURAS Y ROMPES ANTES VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		PRIMA		PICKA		ESTUDIO:			
DISEÑO		VERIF.		APROB.					
FABR.		MATERIA:		Nº DE DIBUJO					
CALIB.		PESO:		ESCALA 1:1					
<b>Ensamblaje</b>				A4		ESCALA 1:1		HOJA 1 DE 1	

**Anexo 10. Instrumento para validación de propuesta Expertos.**



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**INSTRUMENTO PARA LA VALIDACIÓN DE EXPERTOS**

**Estimado ING:**

Solicitamos su valiosa cooperación para evaluar la calidad del siguiente contenido: “PROTOTIPO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA - ECUADOR” sus criterios son de gran relevancia para la ejecución de este trabajo, por lo que le solicitamos nos brinde su cooperación respondiendo las siguientes preguntas que se realizan a continuación.

Datos informativos

Valido por:
Título obtenido:
C.I.:
E-mail:
Institución de trabajo:
Cargo:
Años de experiencia en el área:

Instructivo:

- Responda cada criterio con la máxima sinceridad del caso.
- Revisar, observar y analizar la propuesta.
- Coloque una X en cada indicador.

Tema: **“PROTOTIPO DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE FILAMENTOS PARA PRODUCIR BLOQUES PVC-PET, EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA, SANTA ELENA - ECUADOR”**

Indicadores	Muy adecuado	Bastante adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuada
Pertinencia					
Aplicabilidad					
Factibilidad					
Novedad					
Fundamentación pedagógica					
Fundamentación tecnológica					
Indicadores para su uso					
Total					

Observaciones.....

.....

Recomendaciones.....

.....

La Libertad 1/11/2024

f. \_\_\_\_\_

**Firma del especialista**

**Anexo 11. Carta de donación del prototipo**



UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA  
ELENA FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL



La Libertad, 19 de diciembre del 2024

Carta de Donación de prototipo.

Estimados,

**Ingeniera:** Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

**DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Estudiantes:** Tomalá Bernabé Luis Fernando y Terán Solórzano Kevin Javier

Nos dirigimos a usted con el propósito de formalizar una donación de materiales que consideramos de gran utilidad para el desarrollo de los proyectos académicos en nuestro taller industrial, los materiales que estamos donando son los siguientes: motor de 0,75hp, motor reductor 60:1, sistema eléctrico, tolva, cilindro, tornillo sin fin y finalmente la estructura metálica, Estamos convencidos de que estos materiales contribuirán significativamente al aprendizaje y desarrollo práctico de nuestros compañeros. Esperamos que esta donación sea recibida con agrado y pueda ser utilizada de manera efectiva en los proyectos futuros.

Agradecemos de antemano su atención y quedamos a disposición para coordinar la entrega de los materiales.

f. Tomalá Bernabé Luis Fernando

TOMALÁ BERNABÉ LUIS FERNANDO

f. Kevin Terán

TERAN SOLORZANO KEVIN JAVIER