



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

**“ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS  
ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES  
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR (ES):**

**REYES REYES PEDRO JOSUÉ  
TIGRERO SUÁREZ KENNY ADOLFO**

**TUTOR:**

**Ing. Edison Buenaño Buenaño, Mgtr.**

La Libertad, Ecuador

2024

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS  
ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS  
INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL DE LA UPSE”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**REYES REYES PEDRO JOSUÉ  
TIGRERO SUÁREZ KENNY ADOLFO**

**TUTOR:**

**ING. EDISON BUENAÑO BUENAÑO, Mgtr.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2024**

**UPSE**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Tigrero Suarez Kenny Adolfo y Reyes Reyes Pedro Josué**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

## TUTOR

f.   
Ing. Buenaño Buenaño Edison Noé, Mgtr.

## DIRECTORA DE LA CARRERA

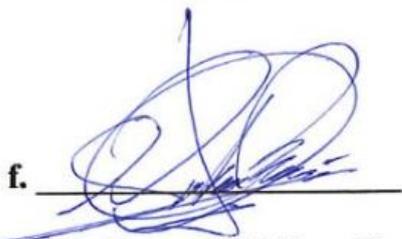
f.   
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

La Libertad, 27 de noviembre del 2024

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE” elaborado por los estudiantes TIGRERO SUAREZ KENNY ADOLFO Y REYES REYES PEDRO JOSUE, 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 Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

**TUTOR**

f. 

**Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Mgtr**

La libertad, 27 de noviembre del 2024

# DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Tigrero Suarez Kenny Adolfo** y **Reyes Reyes Pedro Josué**

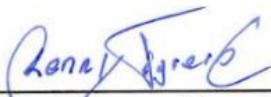
## DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, “Elaboración de un prototipo para ladrillos ecológicos en la unidad de prácticas industriales de la carrera de Ingeniería Industrial de la UPSE” 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 nuestra total autoría.

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

**La libertad, 27 de noviembre del 2024**

## LOS AUTORES:

f.   
Tigrero Suarez Kenny Adolfo

f.   
Reyes Reyes Pedro Josué

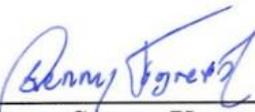
# AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Tigrero Suarez Kenny Adolfo** y **Reyes Reyes Pedro Josué**

Autorizamos a la Universidad Estatal Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, “**Elaboración de un prototipo para ladrillos ecológicos en la unidad de prácticas industriales de la carrera de Ingeniería Industrial de la UPSE**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

**La libertad, 27 de noviembre del 2024**

## LOS AUTORES:

f.   
Tigrero Suarez Kenny Adolfo

f.   
Reyes Reyes Pedro Josué

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE” elaborado por los estudiantes **Tigreiro Suarez Kenny Adolfo** y **Reyes Reyes Pedro Josué**, 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 antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 5% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
de similitud

**TESIS**

**5%**  
Tasa de similitud

Nombre del documento: Tesis Final Trabajo de titulación - Reyes  
Autor: Tigreiro Suarez Kenny Adolfo  
ID del documento: 00477ae7c1040a0b3737abca170517c54a20793  
Formato del documento original: 14.38 KB  
Autor: Pedro Reyes

Depositar: Pedro Reyes  
Fecha de depósito: 22/11/2024  
Tipo de carga: por submisión  
Fecha de realización: 22/11/2024

Numero de palabras: 23.157  
Numero de caracteres: 154.295

Ubicación de las citaciones en el documento:

**Fuentes principales detectadas**

Nº	Descripción	Similitud	Ubicaciones	Fecha actualizada
1	TESIS PATRICK ROMAN REYES FLAGIO.docx   Modelo de carta de sumario... * Si el autor es propietario del trabajo	+ 5%		El contenido actualizado en este momento
2	Encyclopedia de otro usuario * Si el autor es propietario del trabajo	+ 5%		El contenido actualizado en este momento
3	Encyclopedia de otro usuario * Si el autor es propietario del trabajo	+ 5%		El contenido actualizado en este momento
4	repositorio.upse.edu.ec	+ 5%		El contenido actualizado en este momento
5	doi.org	+ 5%		El contenido actualizado en este momento

**Fuentes con similitudes fortuitas**

Nº	Descripción	Similitud	Ubicaciones	Fecha actualizada
1	doi.org   Incorporation of liquid WPP in brick with expanded perlite for improved thermal insulation	+ 5%		El contenido actualizado en este momento
2	doi.org   Eco-friendly brick with expanded perlite and recycled aggregate and recycled aggregate	+ 5%		El contenido actualizado en este momento
3	doi.org	+ 5%		El contenido actualizado en este momento
4	repositorio.upse.edu.ec	+ 5%		El contenido actualizado en este momento
5	www.elsevier.es	+ 5%		El contenido actualizado en este momento

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)**

1. doi https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.09.040
2. doi https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423019300074
3. doi https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.09.040
4. doi https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.09.040
5. doi https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423019300074

FIRMA DEL TUTOR

f.   
Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Mgtr  
C.C.: 180451063-6

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

## CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

---

Santa Elena, 22 de noviembre del 2024

Yo, **Mónica Isabel Paredes Castro**, Magíster en Educación Básica, con registro de la SENECYT N° 1023-2024-2904505 por medio del presente certifico que:

Después de revisar y corregir la sintaxis y ortografía del trabajo investigativo titulado "ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE", elaborado por los estudiantes **PEDRO JOSUÉ REYES REYES** y **KENNY ADOLFO TIGRERO SUÁREZ** en su opción al título de **INGENIERO INDUSTRIAL** en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, puedo afirmar que el trabajo está apto para ser defendido.

Sin otro particular.



**Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.**

C.I: 0605353143

Celular: 0969917044

Correo: misabelp1017@gmail.com

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer en primer lugar a Dios, quien nos brinda salud y vida para continuar con los objetivos que nos planteamos en nuestra vida, a mis padres que con su apoyo y constante sacrificio me permiten lograr este objetivo, así mismo quisiera agradecer a mis hermanos por su confianza y paciencia en esos momentos difíciles. Un agradecimiento especial a nuestro tutor, ya que con su apoyo, paciencia y disposición nos permiten obtener este logro. A mis amigos y compañeros que con su apoyo, motivación y valiosos comentarios me impulsaban para llegar hasta el final. A todas esas personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este proyecto, gracias por ser parte de este logro.

*Kenny Tigrero Suarez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para llegar hasta este momento. Sin su guía y sus bendiciones, este logro no habría sido posible. Gracias por iluminar mi camino y darme la esperanza en los momentos de incertidumbre. A nuestro tutor el Ing. Edison Buenaño por el constante apoyo, orientación, paciencia y conocimiento que fueron fundamentales durante este proceso de trabajo de titulación, al Ing. Juan Carlos Muyulema por compartir su experiencia y enseñanzas, que me proporcionaron las herramientas para avanzar en nuestra investigación y crecimiento para nuestra profesión.

A mis amigos, por su comprensión y apoyo en los momentos difíciles ya que su compañía me dió fuerzas para seguir adelante, finalmente a mi familia especialmente a mi esposa e hijos que me brindaron su apoyo incondicional de poder creer siempre en mi incluso cuando mismo estaba en dudas, a mi padre por la preocupación de poder seguir adelante en este proyecto a todas las personas que han sido parte fundamental en la realización de esta tesis, cuyo apoyo y compromiso han hecho posible este logro.

*Pedro Reyes Reyes*

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por el sacrificio, amor, guía y fortaleza brindado en este logro, su apoyo incondicional en este trayecto ha sido crucial en esos momentos difíciles. A mis hermanos por el apoyo incondicional a lo largo de este camino. A mis amigos, compañeros y a todas esas personas por el ánimo, e impulso y confianza puesta en mí, esto ha sido una base fundamental para poder lograr este objetivo. Y finalmente a nuestros profesores, quienes fueron una guía con sus enseñanzas y herramientas necesaria que nos brindaban cada día, para poder llegar a este momento. Gracias por creer en mí, ustedes han sido parte fundamental de este logro.

*Kenny Tigrero Suarez*

## **DEDICATORIA**

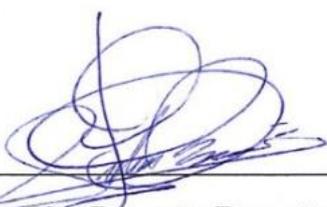
Este proyecto quiero dedicarlo principalmente a mi esposa e hijos, por creer en mí aún en los momentos de incertidumbre, y por estar siempre dispuestos a ofrecerme su apoyo, sin importar la circunstancia. Su sacrificio, su comprensión y ánimos que me dieron la fuerza para superar cada obstáculo y seguir luchando por mis sueños. Este logro es tan suyo como mío, y no hubiera sido posible sin su contribución invaluable. Seguidamente quiero mencionar a mi papá, la familia Reyes Bazán por el apoyo durante este proyecto y mi pilar fundamental a mi abuelita Isabel Bazán que en paz descansa, por el impulso a seguir esta maravillosa carrera y poder lograr lo que ella tanto anhelaba que es ser un Ingeniero Industrial.

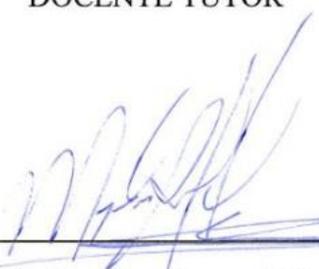
*Pedro Reyes Reyes*

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.   
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.  
DIRECTOR DE CARRERA

f.   
Dra. Graciela Celedonia Sosa Bueno, PhD.  
DOCENTE ESPECIALISTA

f.   
Ing. Edison Noé Buenaño Buenaño, Mgtr.  
DOCENTE TUTOR

f.   
Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, MEng.  
DOCENTE GUIA DE LA UIC

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	v
AUTORIZACIÓN.....	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA .....	viii
AGRADECIMIENTOS .....	ix
AGRADECIMIENTOS .....	x
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xxi
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>I. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
1.1. Antecedentes investigativos .....	10
1.2. Estado del arte .....	12
1.2.1. Análisis bibliométrico .....	13
1.2.2. Discusión .....	42
1.3. Fundamentos teóricos.....	44
1.3.1. Variable independiente: prototipo .....	44
1.3.2. Variable dependiente: Ladrillo ecológico: .....	47
1.4. Sectorización .....	47
1.5. Recapitulación del Capítulo I.....	48
<b>II. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>49</b>
2.1. Enfoque de investigación .....	49
2.2. Diseño de investigación .....	49
2.3. Procedimiento metodológico .....	50
2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos .....	54
2.4.1. Métodos de recolección de los datos .....	54
2.4.2. Técnicas de recolección de los datos.....	54
2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos .....	54
2.5. Variables de estudio .....	55
2.6. Procedimiento para la recolección de los datos .....	55
2.7. Recapitulación del Capítulo II .....	58
<b>III. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>59</b>
3.1. Marco de resultados .....	59
3.1.1. Validación de la propuesta .....	59
3.1.2. Etapa 1: Diseño .....	61
3.1.3. Etapa 2: Simulación .....	67
3.1.4. Etapa 3: Selección de materiales.....	71
3.1.5. Etapa 4: Fabricación.....	72
3.1.6. Etapa 5: Pruebas finales .....	77
3.1.7. Presupuesto del prototipo .....	88

3.1.8. Discusión.....	92
<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>V. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda bibliográfica .....	14
Tabla 2: Preguntas orientadas a Prototipo de ladrillos ecológicos.....	14
Tabla 3: Palabras claves de las bases de datos Scopus y Web of Science .....	17
Tabla 4: Autores principales de las bases de datos. ....	18
Tabla 5: Matriz de artículos seleccionados. ....	27
Tabla 6: Plan de análisis e interpretación de resultados.....	57
Tabla 7: Criterios de inclusión y exclusión para validación de la propuesta. ....	59
Tabla 8: Características de los expertos seleccionados.....	60
Tabla 9: Valoración del contenido de la propuesta .....	60
Tabla 10: Materiales para la fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos. ....	72
Tabla 11: Especificaciones del PET.....	77
Tabla 12: Propiedades del PET .....	78
Tabla 13: Mezcla de la materia prima.....	81
Tabla 14: Tiempo promedio de compactación de ladrillos.....	82
Tabla 15: Valoración de procesamiento de datos. ....	83
Tabla 16: Confiabilidad de Alfa de Cronbach. ....	83
Tabla 17: Valoración de las características visuales finales del producto. ....	85
Tabla 18: Diagrama de análisis de procesos para la producción de ladrillos.....	86
Tabla 19: Cronograma de mantenimiento del prototipo .....	87
Tabla 20: Presupuesto de fabricación del prototipo.....	88
Tabla 21: Cálculo de flujo de fondo.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma del problema de investigación.....	3
Figura 2: Pasos del análisis bibliométrico.....	13
Figura 3: Estudios para el trabajo de investigación. ....	16
Figura 4: Principales palabras clave del análisis bibliométrico. ....	17
Figura 5: Diagrama de red bibliométrica/densidad de Scopus.....	19
Figura 6: Diagrama de red bibliométrica/densidad de Web of Science.....	19
Figura 7: Diagrama de red bibliométrica/densidad de Dimensions AI.....	20
Figura 8: Evolución de las publicaciones de Scopus por revistas en los últimos 5 años. ....	21
Figura 9: Evolución de las publicaciones de Web of Science por revistas en los últimos 5 años. ....	21
Figura 10: Evolución de las publicaciones de Dimensions AI por revistas en los últimos 5 años. ....	22
Figura 11: Evolución de las publicaciones de Scopus por área de conocimiento en los últimos 5 años. ....	22
Figura 12: Evolución de las publicaciones de Web of Science por área de conocimiento en los últimos 5 años. ....	23
Figura 13: Evolución de las publicaciones de Dimensions AI por área de conocimiento en los últimos 5 años. ....	23
Figura 14: Evolución de los artículos de Scopus en los últimos 5 años. ....	24
Figura 15: Evolución de los artículos de Web of Science en los últimos 5 años.....	24
Figura 16: Evolución de los artículos de Dimensions AI en los últimos 5 años.....	25
Figura 17: Evoluciones de las publicaciones en Scopus por países.....	25
Figura 18: Evoluciones de las publicaciones en Web of Science por países .....	26

Figura 19: Evoluciones de las publicaciones en Dimensions AI por países .....	26
Figura 20: Metodologías aplicadas de los artículos extraídos. ....	40
Figura 21: Técnicas aplicadas en los artículos extraídos. ....	41
Figura 22: Instrumentos aplicados en los artículos extraídos. ....	42
Figura 23: Esquema de máquina con gato hidráulico. ....	45
Figura 24: Esquema del sistema hidráulico. ....	46
Figura 25: Máquina compactadora. ....	46
Figura 26: Metodología para la fabricación de ladrillos ecológicos. ....	47
Figura 27: Procedimiento metodológico realización de prototipo para ladrillos ecológicos.....	51
Figura 28: Diagrama de flujo proceso de construcción de prototipo. ....	53
Figura 29: Ensamble de pieza de la estructura de la base. ....	61
Figura 30: Diseño de la base del prototipo .....	62
Figura 31: Diseño de vigas verticales soldadas a la base de la estructura del prototipo. ....	63
Figura 32: Diseño de la estructura con la caja de recepción de material. ....	63
Figura 33: Diseño de abastecimiento de materia prima. ....	64
Figura 34: Diseño del sistema de compactación. ....	65
Figura 35: Diseño del sistema de compactación. ....	65
Figura 36: Vista lateral del sistema de compactación. ....	66
Figura 37: Vista general del prototipo de ladrillo ecológico.....	66
Figura 38: Conceptualización del diseño .....	67
Figura 39: Análisis estático de ensamble de pieza de estructura de la base del prototipo. ....	68
Figura 40: Análisis estático de la estructura de la base del prototipo .....	69

Figura 41: Análisis estático de las vigas verticales soldadas a la base de la estructura .....	69
Figura 42: Análisis estático de la caja receptora de materia prima. ....	70
Figura 43: Análisis estático de la tolva del prototipo.....	70
Figura 44: Presión que ejerce la gata hidráulica eléctrica de 12V. ....	71
Figura 45: Proceso de fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos. ....	73
Figura 46: Preparación del material. ....	74
Figura 47: Aleación de la base del prototipo. ....	74
Figura 48: Elaboración de la estructura del prototipo.....	75
Figura 49: Montaje de la tolva y caja receptora de materia prima.....	76
Figura 50: Elaboración del sistema de compactación.....	77
Figura 51: Proceso de preparación de materia prima.....	79
Figura 52: Dimensiones del ladrillo ecológico. ....	80
Figura 53: Proceso de compactación de materia prima. ....	81
Figura 54: Sistema de extracción del producto.....	83
Figura 55: Extracción del producto.....	84
Figura 56: Proceso de secado del producto.....	84
Figura 57: Proceso de producción de ladrillos.....	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Información transcrita en IBM SPSS Statistics.....	106
Anexo 2: Valores de tratamientos.....	106
Anexo 3: Análisis Alfa de Cronbach en IBM SPSS Statistics.....	107
Anexo 4: Corte y preparación del material.....	107
Anexo 5: Proceso de soldadura de la base del prototipo.....	108
Anexo 6: Diseño de caja receptora de materia prima.....	108
Anexo 7: Proceso de diseño de caja receptora de materia prima mediante la utilización de torno.....	109
Anexo 8: Análisis estático de pieza de la estructura de la base del prototipo.....	109
Anexo 9: Análisis estático estructura de la base del prototipo.....	110
Anexo 10: Análisis estático de las vigas verticales soldadas a la base.....	110
Anexo 11: Análisis estático de la caja receptora de materia prima soldada a la estructura principal.....	111
Anexo 12: Análisis estático de tolva.....	111
Anexo 13: Análisis de presión ejercida en la caja receptora de materia prima.....	112
Anexo 14: Ladrillo ecológico elaborado.....	112
Anexo 15: Ladrillo en el sistema de compactación.....	113
Anexo 16: Tratamiento en el proceso de compactación.....	113
Anexo 17: Vista lateral del proceso de extracción del ladrillo.....	114
Anexo 18: Funcionamiento de la caja hidráulica.....	114
Anexo 19: Vista lateral del proceso de extracción del ladrillo.....	115
Anexo 20: Tratamiento en proceso de extracción.....	115
Anexo 21: Tratamiento en proceso de manipulación.....	116

Anexo 22: Sistema de compactación. ....	116
Anexo 23: Instrumento para validación de propuesta experto 1.....	117
Anexo 24: Instrumento para validación de propuesta experto 2.....	119
Anexo 25: Instrumento para validación de propuesta experto 3.....	121
Anexo 26: Diseño de prototipo para ladrillos ecológicos. ....	123
Anexo 27: Medidas del sistema de compactación de materia prima. ....	124
Anexo 28: Medidas de la tolva del prototipo. ....	125
Anexo 29: Medidas de la caja de almacenamiento de materia prima. ....	126
Anexo 30: Medidas de la estructura del prototipo. ....	127

# “ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE”

**Autores:** Tigrero Suarez Kenny Adolfo y Reyes Reyes Pedro Josué

**Tutor:** Buenaño Buenaño Edison

## RESUMEN

Un prototipo para ladrillos ecológicos es una máquina cuya función es fabricar ladrillos sin generar gases contaminantes y con materiales reciclajes como lo es el polietileno tereftalato. Los ladrillos ecológicos, también conocidos como eco ladrillos o ladrillos verdes, son bloques de construcción que se fabrican con materiales reciclados o de bajo impacto ambiental. El objetivo de este trabajo de investigación fue diseñar un prototipo para ladrillos ecológicos mediante el diseño de la estructura en AutoCAD 3d y la simulación de las piezas de la estructura del prototipo en el Software SolidWorks. Los resultados presentaron las cargas máximas y deformaciones a las que pueden ser sometidas cada pieza de la estructura del prototipo, siendo una carga de 450 N para cada pieza. Se concluyó que el tratamiento 5 presentó una mayor eficiencia respecto a los 10 tratamientos realizados para determinar sus características físicas y el tiempo promedio de compactación a la que debe estar sometida la materia prima en el sistema de presado.

*Palabras Claves: Prototipo, Ladrillos ecológicos, Simulación, Diseño.*

# “DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE FOR ECOLOGICAL BRICKS IN THE INDUSTRIAL PRACTICES UNIT OF THE UPSE'S INDUSTRIAL ENGINEERING PROGRAM”

**Author:** Tigrero Suarez Kenny Adolfo y Reyes Reyes Pedro Josue

**Tutor:** Buenaño Buenaño Edison

## ABSTRACT

A prototype for ecological bricks is a machine whose function is to manufacture bricks without generating polluting gases and with recycled materials such as polyethylene terephthalate. Ecological bricks, also known as eco-bricks or green bricks, are building blocks that are manufactured with recycled materials or with low environmental impact. The objective of this research work was to design a prototype for eco-bricks by designing the structure in AutoCAD 3d and simulating the parts of the prototype structure in SolidWorks Software. The results presented the maximum loads and deformations to which each piece of the prototype structure can be subjected, being a load of 450 N for each piece. It was concluded that treatment 5 presented a higher efficiency with respect to the 10 treatments carried out to determine its physical characteristics and the average compaction time to which the raw material should be subjected in the pressing system.

***Key words:*** *Prototype, Ecological bricks, Simulation, Design.*

# INTRODUCCIÓN

A nivel global, la preocupación ambiental generada por la acumulación de residuos plásticos se ha incrementado alarmantemente debido a su uso versátil y su demanda en la industria, de esta manera se determinó que la reutilización de estos residuos para la producción de materiales destinados a la construcción presenta un enfoque más amigable con el medio ambiente, lo que resulta la investigación de estudios previos a la reutilización de residuos plásticos como materia prima y agregados para la fabricación de ladrillos ecológicos (Uvarajan et al., 2022).

De esta manera, el diseño de un prototipo de ladrillo ecológico se utilizará como una alternativa para la planificación de construcciones más sostenibles debido a que este cumple con las mismas características físicas y mecánicas que un ladrillo tradicional, es así que mediante el proceso de fabricación de un ladrillo tradicional y cambiando las composiciones en porcentajes de hasta el 36% del ladrillo con componentes reciclables o ecológicos, se obtendrá un ladrillo ecológico que cumple con las mismas características de un ladrillo tradicional con la finalidad de reemplazarlo de manera permanente (Alarcón y Burgos, 2022).

El estudio de Šveda et al., (2019) indica que para el año 2025 se incremente alrededor de 2200 millones de toneladas, y los desechos inorgánicos que contienen plástico, vidrio, papel y otros materiales reciclables, representan el 72% del total de desechos sólidos especialmente en países de altos ingresos y entre el 36% al 46% en los países de medio y bajo ingreso. En este contexto, el estudio de Huilcarema y Troya, (2022) tiene la finalidad de utilizar elementos inorgánicos como agregados en el diseño de un ladrillo para que éste sea logre reemplazar a los ladrillos tradicionales, mediante la adopción de parámetros que den forma a la incorporación de los elementos inorgánicos y que cumplan con la norma NTE INEN 3049, lo que permitió fabricar ladrillos ecológico con dimensiones reales de 250 mm x 120 mm x 55 mm con porcentajes de hasta el 6,60% del material inorgánico seleccionado.

En Hispanoamérica, Gareca et al., (2020) determinó las características físicas de los ladrillos ecológicos mediante las herramientas que permitieron identificar el proceso óptimo para la producción de un ladrillo que cumplan las normas cuya materia prima sea inorgánica, es así que mediante las técnicas de medición y registro de

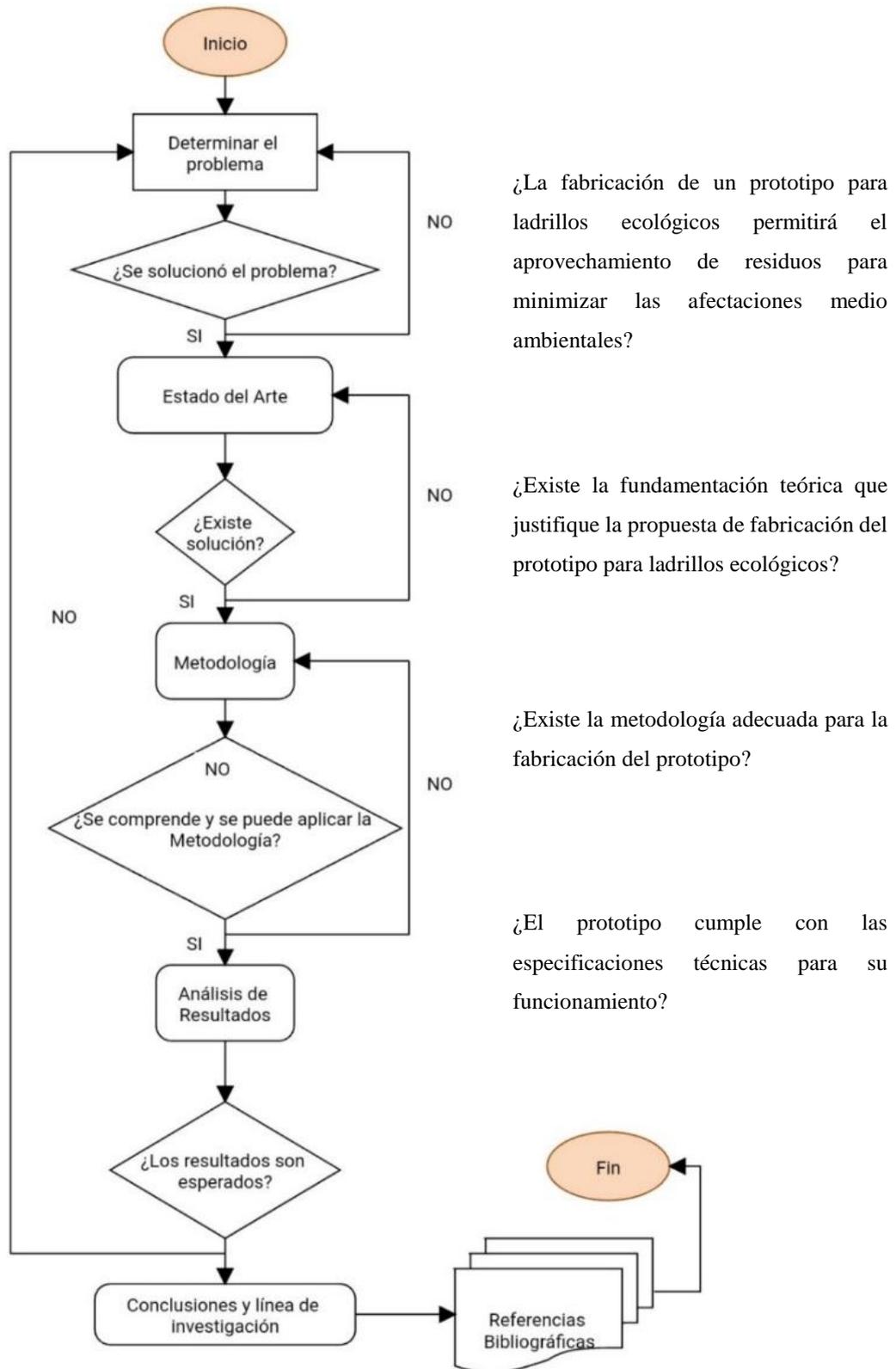
información se determinaron las características de estos ladrillos, las mismas que constan en la norma colombiana, chilena y peruana; concluyendo como un impacto positivo gracias al reciclaje del plástico, disminuyendo el porcentaje de absorción del agua en el 22,6% con relación a un ladrillo tradicional.

Según Lobo et al., (2021) los avances tecnológicos buscan cada vez más la creación y utilización de materiales ecológicos, por consiguiente, mediante un levantamiento bibliográfico sobre la reutilización de residuos para la fabricación de ladrillos ecológicos, se apuntó a la sostenibilidad puesto que existen distintos materiales reciclables como el Polietileno Tereftalato (PET). De esta manera cumplen con la verificación de la aplicabilidad para la fabricación de ladrillos ecológicos, con la finalidad de presentar y comprender el comportamiento de este innovador material. Sánchez et al., (2019) estableció la importancia del aprovechamiento de residuos sólidos para mitigar su contaminación ambiental a través de la evaluación de la viabilidad para la fabricación de ladrillos ecológicos y analizando su comportamiento físico con diferentes mezclas de residuos sólidos, presentando resultados viables para el uso de estos residuos sólidos en la fabricación de residuos.

Actualmente en Ecuador, la construcción de edificaciones y viviendas se convirtió en un aspecto fundamental debido al crecimiento demográfico y poblacional, provocando un aumento en la demanda de materiales de construcción, lo que significa la búsqueda de otras opciones de materiales que sustituyan los tradicionales y al mismo tiempo reduzcan costos, brinden seguridad y reduzcan el impacto ambiental (Campoverde et al., 2023). De esta manera Reinoso et al., (2019) indican que en el país, el interés por la producción de ladrillos ecológicos conllevó a la realización de investigaciones y estudios que buscan evaluar la viabilidad técnica y económica de diferentes alternativas para evitar problemas con el medio ambiente y un tipo de construcción más sostenible, permitiendo que su diseño sea innovador, lo que conlleva que se realicen construcciones de una manera más sencilla y rápida y que a su vez tengan una resistencia mayor que la de los ladrillos tradicionales, lo que a su vez representaría una revolución en la industria de la construcción.

## Formulación del problema de investigación

Figura 1: Flujograma del problema de investigación.



Nota: Elaborado por los autores.

## **Planteamiento del problema**

Actualmente el mundo compite por obtener las vías más rápidas de transporte, las edificaciones más grandes y la implementación de tecnologías nuevas de construcción, lo cual ha generado un mayor impacto que el hombre ha generado al medio ambiente utilizando una mayor cantidad de material para llevar a cabo las construcciones y la utilización de más energía para operar, es así que Álvarez et al., (2020) señalaron que mediante la investigación de procesos que requieran la utilización mínima de recursos y aprovechamiento de residuos se prevé identificar las principales afectaciones medioambientales con el fin de introducir materiales de construcción sostenibles. El sector de la construcción representa uno de los mayores contaminantes a la atmósfera debido a que emite el 39% de dióxido de carbono, afirmando que la mitad del CO<sub>2</sub> expulsado hacia la atmósfera corresponde a procesos de construcción durante las fases de construcción, uso y la demolición, demostrando la importancia de la adopción de técnicas y materiales que ayuden a minimizar la emisión de GEI al medioambiente (Aceves et al., 2021).

De esta manera, la utilización de materiales reciclables como el plástico representan una opción viable para ser la materia prima para la elaboración de los ladrillos ecológicos. Valarezo y Ruiz, (2022) indican que el crecimiento de la producción de materiales plásticos es extraordinario, determinando que su reutilización representaría un gran beneficio para la industria de la construcción, lo que los ubica como uno de los materiales más versátiles fabricados por el ser humano, además del cemento y el acero, presentando una demanda de 831 toneladas en los últimos años, los mismos que sirven para la fabricación de nuevos materiales de construcción, etc.

En Hispanoamérica, varios países como Brasil y Argentina empezaron a desarrollar certificaciones para la construcción de viviendas y edificaciones mediante un curso basado en leyes y el desarrollo de políticas públicas que están a favor de la construcción sostenible, por lo tanto, desde la etapa del diseño hasta el proceso de construcción se deben tomar en cuenta varios puntos como la utilización de energía renovable y el uso de materiales de construcción ecológicos para la reducción de los costos; así mismo se determinó que en Colombia el sector de la construcción produce el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Flores, 2021).

Un estudio realizado en Perú por los autores Lizarzaburu et al., (2023) señalaron que el 95% del valor material de los residuos plásticos se desperdicia (entre 80 a 120 mil millones de dólares), lo que representa la tasa de reciclaje mundial de apenas el 14%, lo que conllevaría que para el año 2050 el 99% de las aves marinas ingerirían este material, de esta manera la finalidad de esta investigación fue la fabricación de ladrillos ecológicos incorporando polietileno tereftalato (PET) y caucho sustituyendo los agregados convencionales de los ladrillos tradicionales con dosis de 12%, 24% y 36% de estos materiales junto con cemento y sílice, determinando que la dosis más óptima fue 12% de los materiales reciclables, 50% cemento y 25% sílice.

Por otro lado, el estudio de Acosta et al., (2023) utilizó residuos de polietileno tereftalato (PET) y metales ferrosos para la elaboración de ladrillos ecológicos, por lo tanto, en la prueba experimental el estudio presentó cinco prototipos diferentes de ladrillos con diferentes dosis de polietileno de tereftalato (PET) y del metal ferroso para determinar sus características y compararlas con las norma técnica peruana NTP 399,604, obteniendo ladrillos con una carga máxima entre 60,278 y 34,221 kg y una resistencia a la compresión entre 194 y 110,5 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el quinto y primer ladrillo los de mejor calidad y apto para ser utilizado en los recubrimientos de una vivienda.

De este modo Symeonides et al., (2021) establecen que se producen alrededor de 380 toneladas de plástico al año, de la cual una parte significativa puede ser reutilizada en la construcción, lo cual genera la reducción de residuos fomentando la construcción sostenible. De esta manera, se pueden incorporar residuos sólidos a los ladrillos ecológicos debido a que el plástico y los residuos de demolición sustituyen a la mezcla de cemento y arena para realizar las comparaciones con en el ladrillo donde el cemento es el agente aglutinante (Maharjan et al., 2023).

En el territorio ecuatoriano, se producen 117.000 toneladas de plástico anualmente, lo que equivale 7.300 camiones repletos de botellas de este material, el cual tarda alrededor de 500 años en degradarse y acabando en océanos o playas donde generan un gran impacto ambiental (López et al., 2020). La eliminación de la contaminación de este material es una de las bases para la minimización del impacto ambiental debido a su alta demanda por lo que se han presentado varias soluciones al problema, sin embargo, aún se desconocen las medidas a seguir para conservar el medio ambiente. Liu et al., (2019) indican que, a pesar de contar con una alta

disponibilidad de este material, la industria de la construcción local no ha optado por la realización de proyectos de elaboración de ladrillos ecológicos, contribuyendo a la acumulación de desechos y limitando el potencial económico que conlleva su reutilización.

Por otro lado, el estudio de Lizarzaburu et al., (2023) trabajó con caucho y polietileno tereftalato para la fabricación de ladrillos ecológicos mediante la aplicación de diversas pruebas mecánicas y físicas; mientras que en el estudio de Raut et al., (2022) se utilizó aceite de palma y residuos de vidrios para su fabricación, teniendo como resultados, un impacto positivo en la realización de estos ladrillos, así mismo los materiales que funcionan como agregados se pueden reemplazar por residuos inorgánicos para la fabricación de estos ladrillos sostenibles.

En este contexto, en la unidad de prácticas industriales de la carrera de Ingeniería Industrial de la UPSE se busca desarrollar un prototipo de ladrillos ecológicos basado en los hallazgos. El enfoque en el uso de materiales reciclados y técnicas sostenibles promoverá prácticas que minimicen el impacto ambiental y fomenten la innovación dentro del ámbito académico y profesional. De esta manera, se da paso a la formulación del problema: ¿Se podrá determinar el grado de mejora de construcción mediante el desarrollo de un prototipo de ladrillos ecológicos en la unidad de prácticas industriales de la carrera de Ingeniería Industrial de la UPSE?

### **Alcance de la Investigación**

El presente trabajo de investigación se enfocó en abordar las preocupaciones ambientales mediante la utilización de residuos para la producción de ladrillos ecológicos destinados para la construcción de edificaciones y viviendas en la provincia de Santa Elena. Se llevó a cabo un proceso que incluye la recolección de desechos, principalmente botellas de plástico, y su posterior procesamiento para darles la forma adecuada para la elaboración de ladrillos, por lo que esta investigación se centrará en el desarrollo del prototipo, la evaluación de sus propiedades físico-mecánicas y la identificación de su viabilidad económica. Sin embargo, no se abordarán aspectos relacionados con la comercialización directa de los ladrillos ni se realizarán pruebas en condiciones reales de construcción en obras, lo que limitará la evaluación a un entorno de laboratorio controlado.

Los datos que se tomarán en cuenta incluirán la cantidad de residuos recolectados, las características mecánicas de los ladrillos producidos y su eficiencia energética en comparación con materiales tradicionales. No se considerarán factores externos como la aceptación del mercado, ya que el enfoque principal será el desarrollo técnico del prototipo. Se pretende obtener resultados que muestren una reducción significativa de residuos en la fabricación de ladrillos, así como fomentar prácticas de construcción sostenible. Adicionalmente, se explorarán oportunidades para establecer un mercado potencial para los ladrillos ecológicos, contribuyendo al crecimiento de una industria de la construcción más responsable y consciente del medio ambiente.

### **Justificación de la investigación**

La elaboración de un prototipo de ladrillos ecológicos es un aspecto esencial debido a que un ladrillo tradicional de uno de los materiales de construcción más utilizados del mundo, es así que agregando las propiedades y características de las edificaciones son un asunto importante para las personas que habitan en ellas, por lo que este material innovador produce una buena aislación térmica al utilizarlo (Muñoz et al., 2021). En el contexto de construcción sostenible, los ladrillos ecológicos son ampliamente utilizados en el sector de la construcción debido a su alta resistencia y capacidad térmica que poseen, minimizando el impacto de la contaminación de la manufacturación del ladrillo tradicional debido a que trae muchas afectaciones que van afectando considerablemente al medio ambiente (Navarrete et al., 2024).

El presente trabajo tiene **Justificación teórica** debido a que se basa en la literatura existente en base la fabricación de prototipos para la realización de materiales de construcción sostenibles como lo es un ladrillo ecológico. También tiene **Justificación metodológica** porque desde la perspectiva metodológica, este estudio utiliza un enfoque cuantitativo que permitió determinar las características de los materiales para la construcción del prototipo, así como el producto de ladrillos ecológicos siguiendo la metodología de (Arias, 2019). Tiene **Justificación social** porque desde el punto de vista social, el trabajo de investigación responde a una necesidad creciente de preservar el medio ambiente mediante la utilización de materiales de construcción sostenibles. Tiene **Justificación práctica** debido a que radica en la aplicabilidad directa de fabricar ladrillos ecológicos para la construcción de edificaciones, por lo que al evaluar las características de este producto se logrará el

reemplazo de los ladrillos tradicionales debido a que su elaboración y utilización afectan negativamente al medio ambiente.

La importancia de este trabajo de investigación radica en la necesidad urgente de abordar la problemática ambiental de la provincia de Santa Elena, caracterizada por la acumulación de residuos, mediante la fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos se realizará una mejor gestión de los residuos plásticos los mismos que aportará a la reducción del impacto ambiental en el sector.

Este trabajo de investigación trasciende en la evidencia de su capacidad para generar un impacto positivo en el entorno y la economía local, así mismo el estudio de González y Rodríguez, (2022) respalda la utilización de residuos plásticos en ladrillos ecológicos, logrando promover la utilización de residuos plásticos, se fomenta la economía circular, contribuyendo a la conservación del medio ambiente y al desarrollo de tecnologías sostenibles.

La originalidad de la investigación se manifiesta en su punto de vista innovador, al utilizar residuos plásticos o polietileno de tereftalato (PET) para la fabricación de ladrillos ecológicos junto a la iniciativa de ofrecer una alternativa a los materiales de construcción tradicionales, sino que también posiciona a Santa Elena como un referente en la adopción de prácticas sostenibles en la industria. Es así que Wei-Quan et al., (2022) señala que la fabricación de la manufacturación de ladrillos tradicionales habitualmente consume una cantidad alta de recursos naturales, por lo que para reducir la huella de carbono en la producción de ladrillos, la reutilización de desechos en la fabricación de ladrillos ecológicos es una tendencia reciente en el campo de investigativo.

La viabilidad de la investigación está respaldada por la disponibilidad de materiales reciclables en la región y el interés creciente por soluciones económicas en la construcción lo que conlleva a que la implementación de este prototipo pueda realizarse con recursos accesibles, garantizando la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de la iniciativa. Se espera aplicar estudios de laboratorios como pruebas físicas y mecánicas que determinen la durabilidad y resistencia de los ladrillos ecológicos, para poder demostrar la viabilidad del uso de materiales reciclados en el sector de la construcción, además, de ofrecer una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el ámbito de la sostenible en la provincia, país o región.

Los beneficiarios internos incluyen a los estudiantes de Ingeniería Industrial, quienes adquirirán experiencia práctica en un área relevante. Externamente, la comunidad de Santa Elena se beneficiará de un entorno más limpio, la generación de empleo en el sector del reciclaje, la construcción, y el fomento de prácticas sostenibles. En tal sentido, se planteó el objetivo general además de los específicos para dar solución al problema de investigación, así como cada una de las acciones que favorecerán el alcance de la propuesta deseada.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Elaborar un prototipo para ladrillos ecológicos en la unidad de prácticas industriales de la carrera de ingeniería industrial de la UPSE mediante el diseño del producto para la transformación de PET en un material de construcción sostenible.

### **Objetivo específico**

- Realizar una revisión exhaustiva de la literatura mediante el estado del arte, sobre la fabricación de ladrillos ecológicos, enfocándose en bases científicas y técnicas relacionada con el uso de materiales reciclados, con el fin de establecer un marco teórico sólido que respalde la investigación.
- Establecer un marco metodológico que defina las etapas de diseño y fabricación del prototipo de ladrillos ecológicos, incluyendo la selección de materiales, técnicas de producción y criterios para la recolección de datos, garantizando un enfoque sistemático y eficaz en el proceso.
- Elaborar el prototipo del ladrillo ecológico, mediante la ejecución del procedimiento metodológico guía y su evaluación de rendimiento para la determinación de su aplicabilidad y beneficios en proyectos de construcción sostenibles en la provincia de Santa Elena.

# I. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes investigativos

El estudio de Rivero et al., (2024) señala que las edificaciones son cada vez más eficientes pero carecen de un análisis comparativo desde un punto de vista holístico, por lo que una gran parte del esfuerzo se centra en el consumo de agua y energía, sin embargo otra gran parte del consumo se produce de forma indirecta en los procesos de producción y de la construcción que a menudo suelen obviarse, por lo tanto el objetivo de este estudio es proponer un modelo de evaluación de los impactos indirectos que se producen en la construcción de las edificaciones mediante el control de los costos y permitiendo simular varios escenarios, obteniendo como resultados la reducción hasta un 20% en los escenarios ambientales, económicos y sociales.

Es así que Da-Costa et al., (2023) indican que con el crecimiento de las construcciones civiles los ladrillos ecológicos los cuales se utilizan como materiales para minimizar los impactos ambientales y satisfacer las demandas técnicas, han surgido como un material de construcción alternativo debido a las razones socio-económicas y ambientales, por lo que el estudio tuvo como objetivo producir ladrillos ecológicos mediante la utilización de tierra arcillosa y arena, analizando los efectos de curado térmico, presentando los resultados de un mejor desempeño en absorción de agua y resistencia a la compresión, concluyendo que estos ladrillos ecológicos presentaron al menos un 35% menos de CO<sub>2</sub> en comparación a los ladrillos tradicionales cumpliendo con todos los requisitos para su uso y demuestra que pueden ser la mejor alternativa para la producción de ladrillos sustentables mediante la reutilización de residuos.

De esta manera los autores Mukhtar et al., (2022) investigaron los ladrillos de ceniza de carbón (CA) no quemados y que respetan el medio ambiente como una nueva alternativa a los ladrillos tradicionales, mediante la investigación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos en los cuales se utilizaron contenidos variables de cemento de 5%, 10% y 15%, contenidos de arena de 10% y 15% y finalmente de polvo de cantera de 5% y 10%, mostrando como resultados que los ladrillos de CA no quemados con el 10% de cemento, 10% de arena y el 10% de polvo de cantera sometidos a una presión de formación con una duración de 3 segundos presentaron

una mayor resistencia a la compresión de 19 MPa y resistencia a la presión de 2,1 MPa, concluyendo que la comparación de costos entre los ladrillos CA son rentables en comparación a los ladrillos tradicionales.

De este modo, Kassim et al., (2021) determina que el ladrillo es un material para la construcción, normalmente para las paredes, por lo tanto, el objetivo de este estudio se centró en los ladrillos que están compuestos a partir de los residuos plásticos, siendo el plástico un residuo no biodegradable que tarda un largo tiempo en degradarse. Este estudio utilizó residuos plásticos como botellas de agua, contenedores para luego procesarlos descomponiéndolos en ciertas etapas de temperatura para luego diluirlos en un líquido viscoso para incorporarlo en un molde de un ladrillo estándar, realizando pruebas de compresión para caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo tradicional, siendo más económicos y duraderos. Concluyendo que estos ladrillos constan de buena resistencia y especificaciones para reemplazar con los tradicionales en la industria de la construcción.

Es así que Akanyeti et al., (2020) enfatizo en los enfoques innovadores para la producción de ladrillos ecológicos a partir de residuos, con la finalidad de minimizar el impacto ambiental de la industria de los ladrillos tradicionales, mediante la utilización de la técnica de geopolimerización para producir livianos ecológicos a partir de cenizas de carbón y colillas de cigarrillos. Esta investigación empleó porcentaje de colillas de cigarrillos mezclados con cenizas de carbón variando entre el 5% al 15%, donde los resultados mostraron que los ladrillos producidos a partir de estos residuos mantienen la resistencia de compresión de 11,1 MPa cumpliendo con las normas de calidad, concluyendo que la geopolimerización presenta un elevado potencial como método ecológico para producir ladrillos livianos a partir de los residuos de colillas de cigarrillos y cenizas de carbón.

De la misma manera, Gavali et al., (2019) señala que el ladrillo es uno de los materiales de construcción más usados, desarrollando productos ecológicos a partir de desechos industriales debido a que los productos con álcali son rentables y sostenibles. Este estudio analiza las características físicas y químicas de los desechos industriales para verificar su viabilidad en la producción de ladrillos sostenibles, alcanzando una resistencia a la compresión de 5-60 N/mm<sup>2</sup>, estos ladrillos son más ventajosos debido a que se pueden incorporar un alto contenido de desechos.

Finalmente, el estudio de los autores Mohan et al., (2018) evidencia que cada año en las industrias se producen miles de toneladas de desechos los cuales deben de eliminarse de manera útil, por lo que la fabricación de estos ladrillos a partir de los desechos industriales puede mejorar el rendimiento del ladrillo a un bajo costo para su producción, lo que conlleva a una construcción más ecológica. El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la ceniza de bagazo de la caña de azúcar producidas en las industrias en las que se recolectan y producen. Las muestras de estos ladrillos se fabricaron mediante la utilización de los desechos de las industrias con varias proporciones de mezcla entre 10%, 20%, 30%, 35% y 40%, de los cuales se estudiaron sus propiedades físicas y mecánicas, en los cuales se observaron que los ladrillos presentaron una resistencia a la compresión similar a la de un ladrillo convencional; mientras que el estudio de Acosta et al., (2023) utilizó residuos ferrosos y tereftalato de polietileno para la fabricación de estos ladrillos, los cuales obtuvieron una carga máxima de 30 y 60 kg siendo resultados óptimos para una alternativa de construcción sostenible.

En base a los estudios mencionados previamente, se evidenció que las metodologías empleadas cumplen con la finalidad principal de analizar las propiedades físicas y mecánicas tanto como del prototipo como del producto final para lograr establecer una sinergia entre la sostenibilidad y el medio ambiente. Mediante un análisis de estos estudios se estableció que estas mismas poseen un mismo objetivo, el cual es la fabricación de ladrillos ecológicos a través de la utilización de residuos plásticos y reemplazar la utilización de los ladrillos tradicionales de una manera más factible y económica.

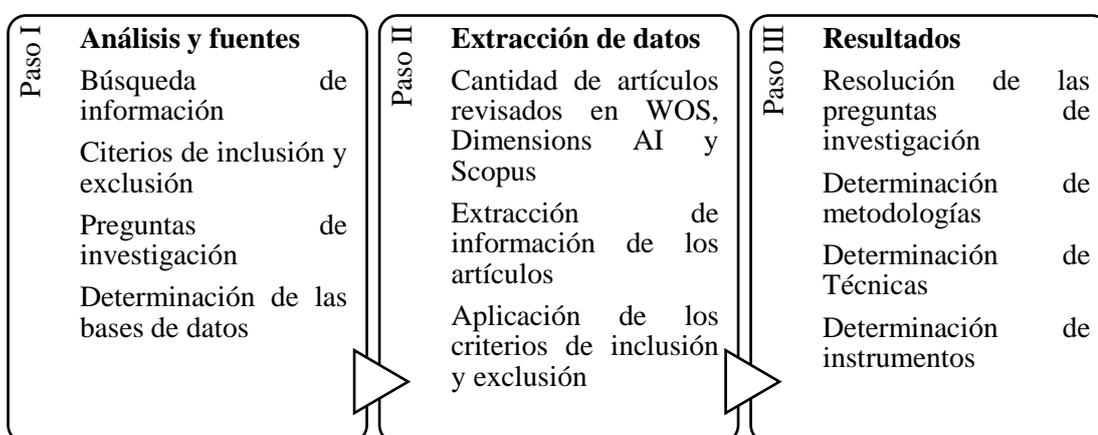
## **1.2. Estado del arte**

Conforme al estudio de Corzo et al., (2022) se considera como una integrante fundamental en cualquier proyecto y el desarrollo de investigación cuya finalidad es comprender el producto de un proceso de investigación diseñado para abarcar el desarrollo del conocimiento de un tema de interés científico, logrando construir un inventario bibliográfico que establece las tendencias para generar conocimiento en el escenario educativo.

### 1.2.1. Análisis bibliométrico

De esta forma, el método que benefició la búsqueda de información para esta investigación resultó el análisis bibliométrico, la cual es una herramienta que contiene una serie de instrumentos estadísticos y cualitativos el cual se basa en un modelo de conceptualización bibliográfica de las publicaciones a nivel mundial sobre el tema “ladrillos ecológicos” para analizar el contexto de una investigación y la búsqueda de textos similares (Guerrero et al., 2024).

*Figura 2: Pasos del análisis bibliométrico.*



Nota: Elaborado por los autores, en base a (Guerrero et al., 2024).

#### **Paso I: Análisis y fuentes**

La información bibliográfica se recolectó de la base de datos Scopus, debido a que es uno de los principales repositorios bibliográficos reconocidos mundialmente (Zhu y Liu, 2020). Así mismo, la base de datos Web of Science ayudó con búsqueda de datos con indicadores bibliométricos, debido a que expone las principales limitaciones de cobertura e indicadores que impactan a la producción científica del tema de estudio de acuerdo a Gregorio, (2021). Finalmente, la base de datos Dimensions AI complementó la búsqueda de información referente a los ladrillos ecológicos para la realización del análisis bibliométrico. De esta manera, en este trabajo de titulación se incluye una revisión de la literatura mediante el método de análisis bibliométrico desarrollando los fundamentos teóricos para el sustento de la investigación.

## Búsqueda de información

La búsqueda de información se realizó a través de preguntas orientadas que persiguen la recogida y búsqueda de datos para la realización del análisis bibliométrico de las publicaciones a nivel mundial. Los criterios para la recolección de información incluyen la participación de países, revistas, autores, tipo de publicación, año y el área de conocimiento.

## Criterios de inclusión y exclusión

*Tabla 1: Criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda bibliográfica*

Criterio	Inclusión	Exclusión
Período	Desde 2019 hasta 2024.	Publicaciones predecesoras al año 2019.
Tipo de documento	Artículos científicos.	Ponencias, revisiones, libros, tesis, cartas o publicaciones editoriales.
Pertinencia	Tratamiento directo de ladrillos ecológicos, ladrillos ambientales y ladrillos sostenibles.	Otras temáticas no relacionadas.
Idioma	Publicaciones en los idiomas inglés y español.	Publicaciones que no pertenezcan a los idiomas inglés y español.

Nota: Elaborado por los autores.

La Tabla 1 muestra los criterios de inclusión y exclusión en base a los criterios de periodo, tipo de documento, pertinencia y el idioma que fueron aplicados luego de la selección de las bases de datos para la extracción de información relevante en base al trabajo de investigación.

## Preguntas de investigación

En la Tabla 2 se establecieron las preguntas de investigación que se llevaron a cabo en el análisis bibliométrico.

*Tabla 2: Preguntas orientadas a Prototipo de ladrillos ecológicos*

Prototipo de ladrillos ecológicos		
Pregunta	de	¿Cuál es el número de palabras clave encontradas en los artículos?

---

investigación 1		
Pregunta de investigación 2	de	¿Cuál es la participación de los autores en relación con el número de publicaciones?
Pregunta de investigación 3	de	¿Cuál es la proporción de revistas en relación con el número de publicaciones?
Pregunta de investigación 4	de	¿Cuáles son las áreas de conocimiento en relación con el número de publicaciones?
Pregunta de investigación 5	de	¿Cuál es la tendencia de publicaciones de artículos por año?
Pregunta de investigación 6	de	¿Cuál es la proporción de países en relación con el número de publicaciones?

---

Nota: Elaborado por los autores.

## **Determinación de las bases de datos**

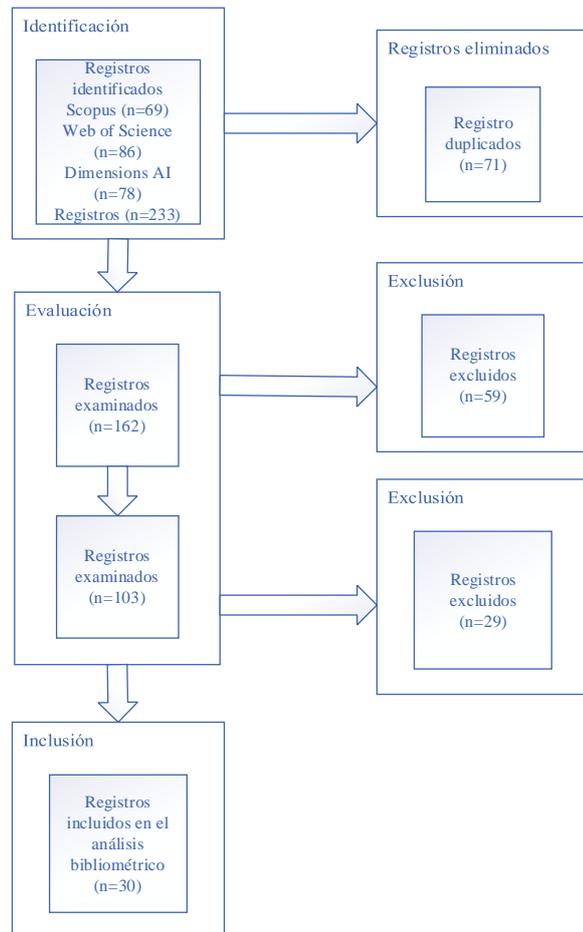
Para la búsqueda de información se usaron las variables de estudio (prototipo y ladrillo ecológico) en las bases de datos Scopus demarcados a nivel mundial, período de análisis (2019-2024) y el tipo de documentos sobresalientes (artículos científicos). Específicamente el código utilizado para la búsqueda de los términos relevantes (“ecological brick”, “sustainable brick” y “environmental brick”) se aplicó en los títulos (TITLE), resúmenes (ABSTRACT) y palabras claves (KEYWORDS) precisamente de artículos científicos (DOCTYPE) y delimitados a los años seleccionados (PUBYEAR) en los idiomas inglés y español. Para la búsqueda de información en la base de datos Web of Science se determinó el criterio de búsqueda (ecological brick), año de publicación (2019-2024), tipo de documento (artículo) y los lenguajes (inglés español) y documentos de acceso abierto. Finalmente, para la búsqueda de información en la base de datos Dimensions AI el criterio de búsqueda principal fue (ecological brick), tipo de documento (artículo), año de publicación (2023-2024), campo de investigación (ingeniería) y documentos de acceso abierto.

## **Paso 2: Extracción de datos**

En la Figura 3 es evidente el proceso de selección de los estudios del análisis bibliométrico, determinando 69 estudios en Scopus, 86 estudios en Web of Science y 78 estudios en Dimensions AI, dando como resultado un total de 233 artículos, donde existió un duplicado de 71 artículos, contando con 162 artículos para su

examinación, haciendo válidos los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos se excluyeron 59 artículos, así mismo en el proceso de evaluación se excluyeron 29 artículos, dejando 30 artículos con contenido idóneo para la realización del estudio en base a los parámetros y criterios imprescindibles.

**Figura 3: Estudios para el trabajo de investigación.**



Nota: Elaborado por los autores.

### **Paso 3: Resultados**

Este apartado se centró en la resolución de las preguntas de investigación orientadas al análisis bibliométrico para la interpretación de los resultados en base a la producción científica del tema de estudio.

#### **Resolución de preguntas de investigación**

**Pregunta de investigación 1. ¿Cuál es el número de palabras clave encontradas en los artículos?**

**Tabla 3: Palabras clave de las bases de datos Scopus y Web of Science**

Scopus			
Nº	Palabras clave	Citación	Fuerza del enlace
1	Ladrillo	26	562
2	Resistencia a la compresión	22	452
3	Absorción de agua	165	337
4	Cenizas volantes	7	139
5	Desarrollo sostenible	6	151

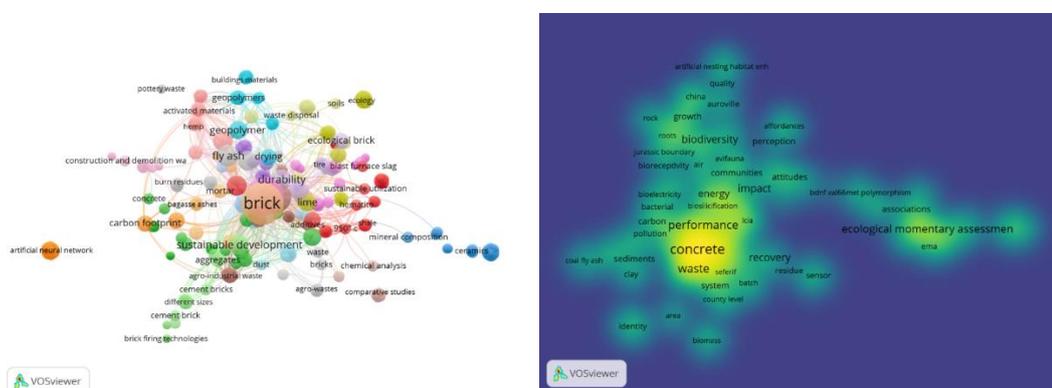
  

Web of Science			
Nº	Palabras clave	Citación	Fuerza del enlace
1	Concreto	16	162
2	Comportamiento	13	161
3	Resistencia a la compresión	11	115
4	Rendimiento	10	131
5	Residuos	10	100

Nota: Elaborado por los autores.

En la Tabla 3 se presentaron 5 palabras clave para la base de datos Scopus de las cuales las publicaciones en base a ladrillos (26) y resistencia a la compresión (22) son las principales sobre el tema, mientras que Web of Science igual presentó 5 palabras clave de las cuales los estudios en base a concreto (16) y comportamiento (13), lo que demuestra la trascendencia y viralidad del tema, a su vez indica la importancia de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos para su aplicación en el trabajo de investigación.

**Figura 4: Principales palabras clave del análisis bibliométrico.**



Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

La Figura 4 presentó el diagrama de red bibliométrico en base al mapeo de

redes métricas, en donde se observó una cantidad de 555 palabras en la base de datos Scopus, en los cuales los 3 primeros temas principales son ladrillo, resistencia a la compresión y absorción de agua, mientras que en la base de datos Web of Science se hallaron una cantidad de 1184 palabras clave de las cuales las 3 principales se centraron en concreto, comportamiento y resistencia a la compresión.

**Pregunta de investigación 2. ¿Cuál es la participación de los autores en relación con el número de publicaciones?**

*Tabla 4: Autores principales de las bases de datos.*

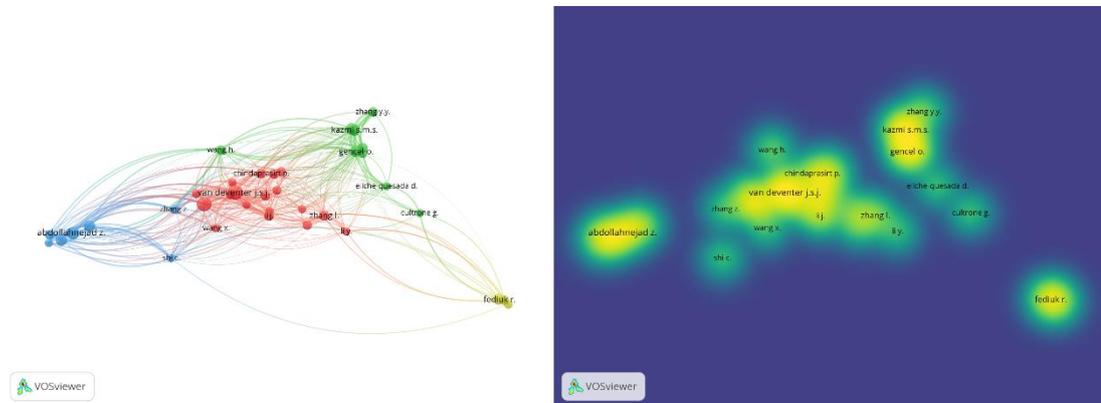
<b>Scopus</b>			
<b>N°</b>	<b>Autores principales</b>	<b>Citación</b>	<b>Fuerza del enlace</b>
1	Abdollahnejad Z.	21	774
2	Provis J.L.	27	743
3	Mastali M.	17	681
4	Van Deventer J.S.J.	28	643
5	Pacheco-Torgal F.	18	642
<b>Web of Science</b>			
<b>N°</b>	<b>Autores principales</b>	<b>Citación</b>	<b>Fuerza del enlace</b>
1	Garland, El	11	209
2	Lauer, MK	8	176
3	Limami, H	11	155
4	Karunarithna, MS	6	144
5	Thiounn, T	6	144
<b>Dimensions</b>			
<b>N°</b>	<b>Autores principales</b>	<b>Citación</b>	<b>Fuerza del enlace</b>
1	Khaldoun, Asmae	26	678
2	Limami, Houssame	15	415
3	Khabbazi, Abdelhamid	18	375
4	Charkaoui, Khalid	13	358
5	Manssouri, Imad	13	358

Nota: Elaborado por los autores.

En la Tabla 4 la base de datos Scopus presenta 5 autores de los cuales Abdollahnejad Z. y Provis J.L., son los más destacados respecto a la producción científica, para la base de datos Web of Science, los autores más destacados fueron Garland, El y Lauer MK, mientras que en la base de datos Dimensions AI los autores considerados más destacados en base a la producción científica resultaron Khaldoun

Asmae y Limami, Houssame.

**Figura 5:** Diagrama de red bibliométrica/densidad de Scopus.



Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

En la Figura 5 se presentó la densidad de autores en la base de datos Scopus, señalando que los autores Van Deventer, Chindaprasirt, Wang y Zhang J., aportaron una cantidad más elevadas de estudios referente al trabajo de investigación, la misma que consiste en datos contextualizados que reducen la incertidumbre y aumentan el conocimiento.

**Figura 6:** Diagrama de red bibliométrica/densidad de Web of Science.

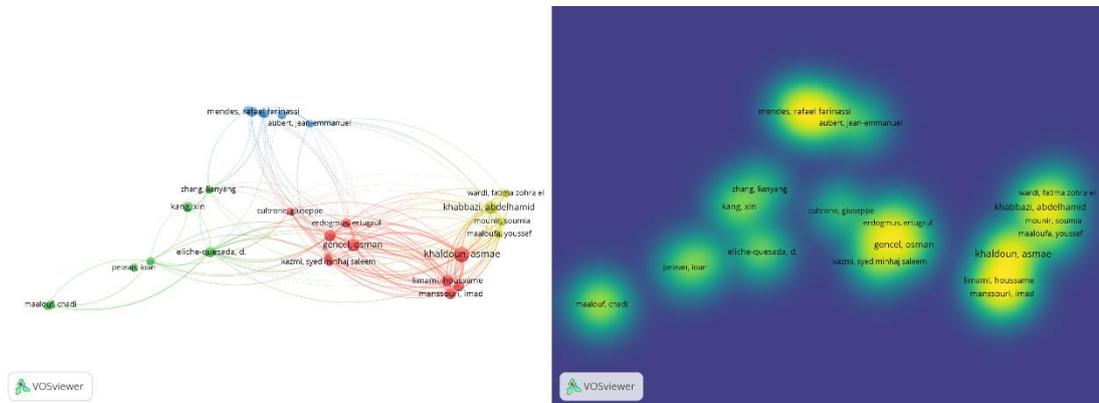


Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

En la Figura 6 se determinó que los autores que aportaron más información referente al tema de estudio en la base de datos Web of Science fueron: asociación brasileña de normas, Ashour L. Zhang, Ferroukni My, Caporale A y Almusaed A los mismos que estudiaron el fenómeno de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos. En la base de datos Web of Science de determinaron una

gran variedad de autores tanto como en Scopus y en Dimensions AI.

*Figura 7: Diagrama de red bibliométrica/densidad de Dimensions AI.*



Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software VOSviewer.

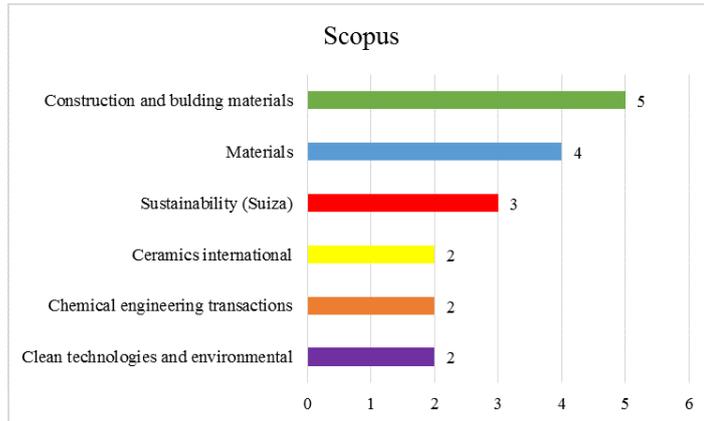
Finalmente, la Figura 7 presentó el diagrama de red bibliométrico de la densidad de autores que aportaron información en base al tema de estudio en la base de datos Dimensions AI, determinando que los autores Khaldoun Asmae y Gencel Osman presentaron una mayor cantidad de artículos basados en la fabricación de un prototipo para ladrillos ecológicos.

En el mapeo de red bibliométrica/densidad proyectados en la base de datos Scopus, un total de 37 autores se dividieron en 9 clústers, entre los principales Abdollahnejad Z. (21) y Provis J.L. (27). Para la base de datos Web of Science se muestra un total de 115 autores los cuales se dividieron en 4 clústers donde los principales autores fueron Garland, El (11) y Lauer, Mk (8). Finalmente, para la base de datos Dimensions AI se presentó un total de 28 autores los cuales se dividieron en 7 clústers donde los principales autores fueron Khaldoun, Asmae (26) y Limami, Houssame (15).

**Pregunta de investigación 3. ¿Cuál es la proporción de revistas en relación con el número de publicaciones?**

Referente a la participación de revistas, en la Figura 8 se puede observar un total de 6 revistas respectivamente a las bases de datos. En la base de datos Scopus destacaron las revistas “Construction and building materials” y “Materials” con 5 y 4 artículos publicados respectivamente en base al tema de estudio.

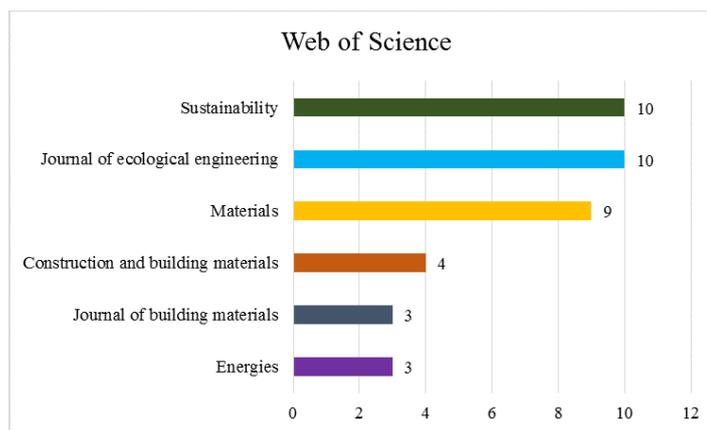
**Figura 8:** Evolución de las publicaciones de Scopus por revistas en los últimos 5 años.



Nota: Elaborado por los autores.

En la Figura 9 se presentó la participación de revistas en la base de datos Web of Science donde destacaron las revistas “Sustainability” y “Journal of ecological engineering” presentando 10 artículos cada una, seguidas de “Materials” y “Construction and building materials” aportando 9 y 10 artículos respectivamente en los últimos 5 años”.

**Figura 9:** Evolución de las publicaciones de Web of Science por revistas en los últimos 5 años.

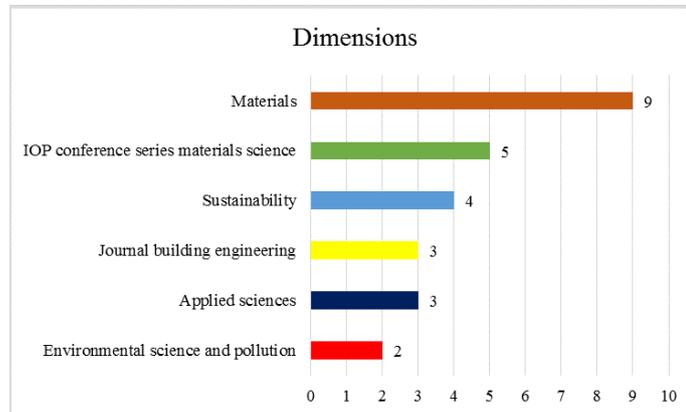


Nota: Elaborado por los autores.

Finalmente, en la Figura 10, en la base de datos Dimensions AI destacaron las revistas “Materials” y “IOP conference series materials Science” con 9 y 5 artículos respectivamente, siendo las revistas con mayor aportación científica basada al tema de estudio, seguidas de “Sustainability” y “Journal building

engineering” contando con 4 y 3 artículos respectivamente en base al tema de estudio.

**Figura 10:** Evolución de las publicaciones de Dimensions AI por revistas en los últimos 5 años.

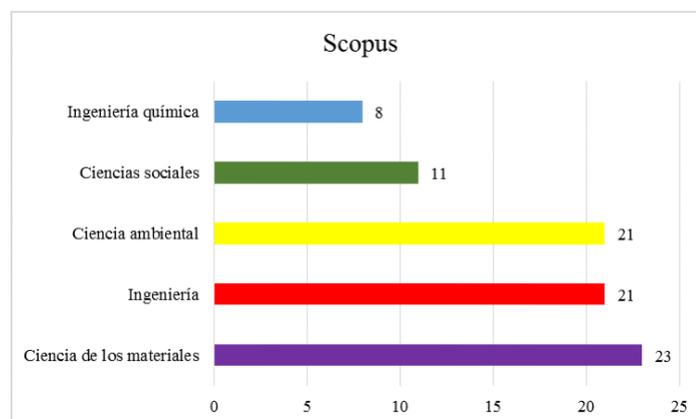


Nota: Elaborado por los autores.

**Pregunta de investigación 4. ¿Cuáles son las áreas de conocimiento en relación con el número de publicaciones?**

En la Figura 11 se presentaron las 5 áreas de conocimiento en la base de datos Scopus en relación con el número de publicaciones son “Ciencia de los materiales” e “Ingeniería” con 23 y 21 artículos respectivamente seguidas de las áreas de conocimiento “Ciencia ambiental” y “Ciencias sociales” contando con 21 y 11 publicaciones respectivamente.

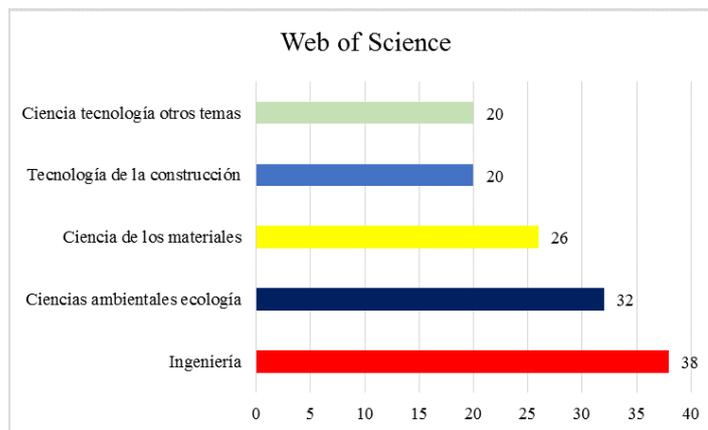
**Figura 11:** Evolución de las publicaciones de Scopus por área de conocimiento en los últimos 5 años.



Nota: Elaborado por los autores.

En la Figura 12 se presentó la evolución de las publicaciones en la base de datos Web of Science, donde las principales áreas de conocimiento resultaron “Ingeniería” y “Ciencias ambientales ecología” con 38 y 32 artículos respectivamente seguidas de “Ciencia de los materiales” y “Tecnología de la construcción” presentando 26 y 20 artículos respectivamente.

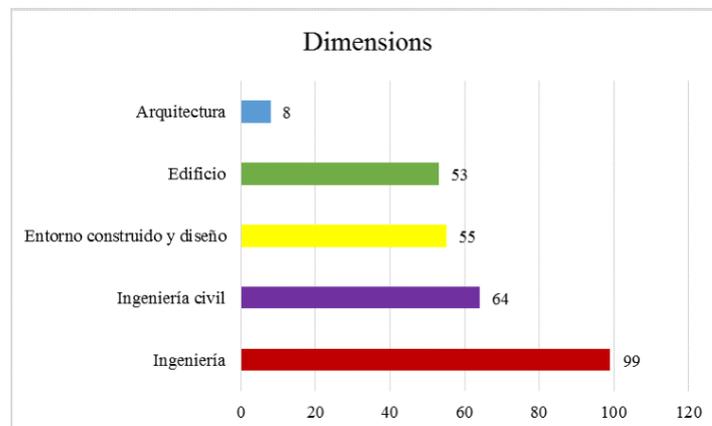
**Figura 12:** Evolución de las publicaciones de Web of Science por área de conocimiento en los últimos 5 años.



Nota: Elaborado por los autores.

Finalmente, La Figura 13 presentó la evolución de las publicaciones en la base de datos Dimensions AI, resultando ser “Ingeniería” e “Ingeniería civil” con 99 y 64 artículos publicados respectivamente, lo que da lugar a que el área de conocimiento principal es en base a la ingeniería.

**Figura 13:** Evolución de las publicaciones de Dimensions AI por área de conocimiento en los últimos 5 años.

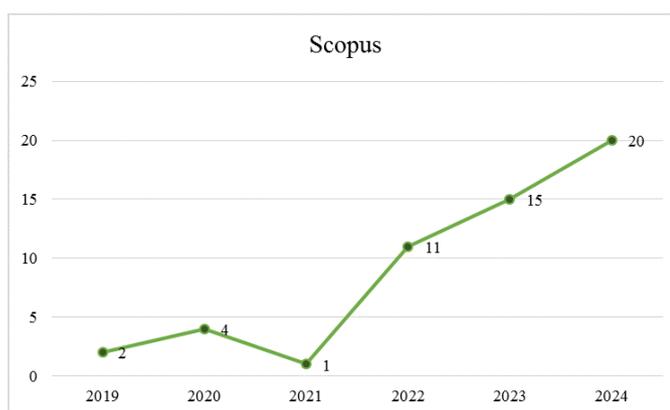


Nota: Elaborado por los autores.

**Pregunta de investigación 5. ¿Cuál es la tendencia de publicaciones de artículos por año?**

La Figura 14 mostró los intervalos de evolución en artículos entre los años 2019-2024 para el caso de la base de datos Scopus donde se manejaron un total de 53 artículos y se presentaron una cantidad mayor de artículos en el año 2024, siendo así la cantidad de 20 artículos publicados en este año en base al tema de estudio.

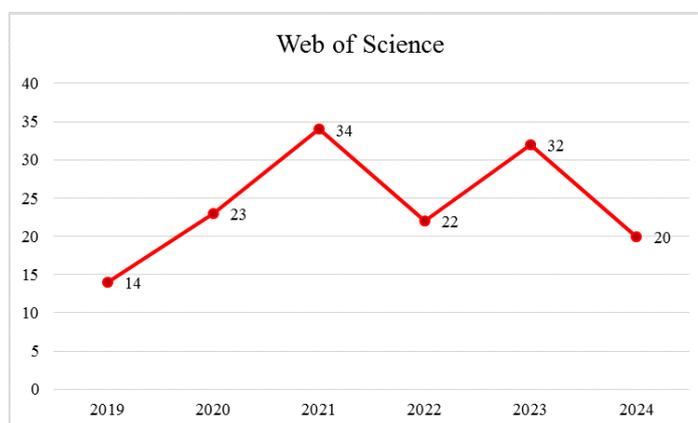
*Figura 14: Evolución de los artículos de Scopus en los últimos 5 años.*



Nota: Elaborado por los autores.

En la Figura 15, se presentó la evolución en artículos entre los años 2019-2024 de la base de datos Web of Dimensions en el cual se manejaron un total de 145 publicaciones. Las publicaciones de Web of Science aparecen con más casualidad en el año 2021 contando con 34 artículos, sin embargo, en el año 2019 se considera el índice de publicaciones más bajas con 14 artículos.

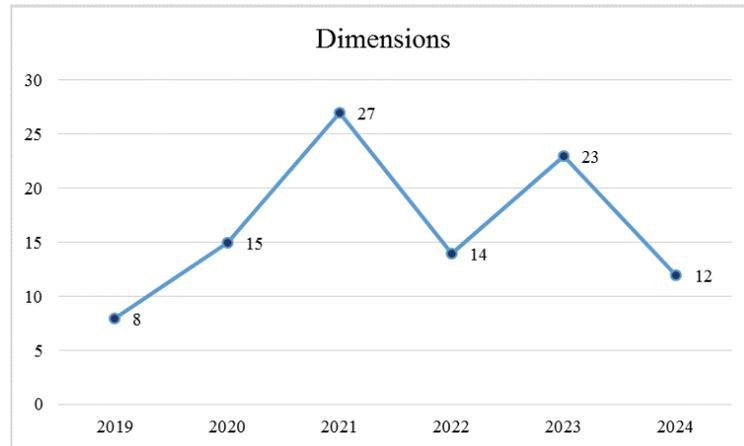
*Figura 15: Evolución de los artículos de Web of Science en los últimos 5 años.*



Nota: Elaborado por los autores.

Finalmente, en la Figura 16 se presentó la evolución en artículos entre los años 2019-2024 de la base de datos Dimensions AI donde se manejaron un total de 99 artículos. Las publicaciones de Dimensions AI aparecen con más casualidad en el año 2021 contando con 27 artículos, sin embargo, en el año 2019 se considera el índice de publicaciones más bajas con 8 artículos.

**Figura 16:** Evolución de los artículos de Dimensions AI en los últimos 5 años.

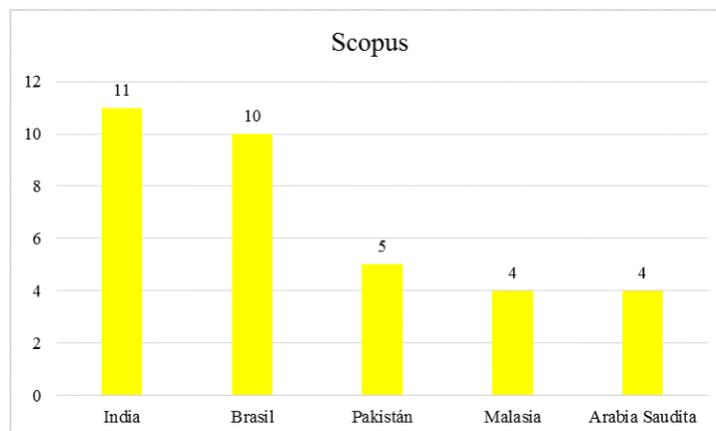


Nota: Elaborado por los autores.

**Pregunta de investigación 6. ¿Cuál es la proporción de países en relación con el número de publicaciones?**

Finalmente, para el ranking de países de publicaciones relacionadas con el tema de investigación, se visualizan 5 países por cada base de datos. En Scopus India lidera el ranking con 11 publicaciones respecto al tema de estudio.

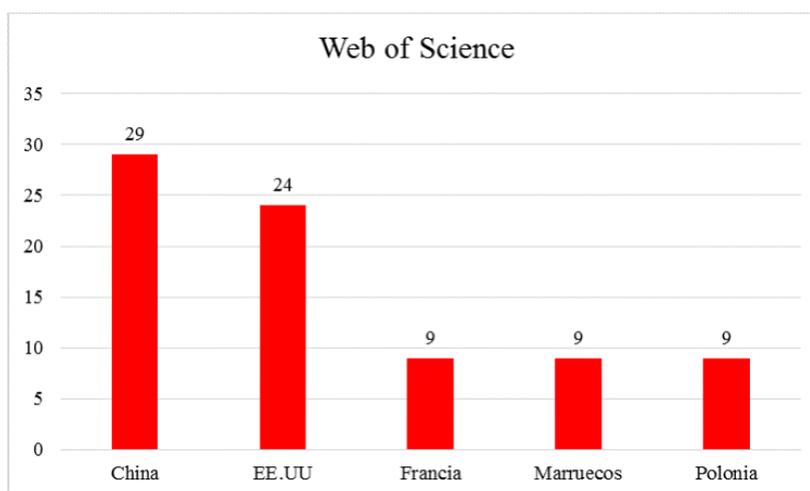
**Figura 17:** Evoluciones de las publicaciones en Scopus por países



Nota: Elaborado por los autores

En la Figura 18 se presentó la evolución de publicaciones por países para la base de datos Web of Science donde lidera China con 29 publicaciones, seguido de Estados Unidos con 24 publicaciones y finalmente Francia, Marruecos y Polonia con 9 publicaciones cada uno.

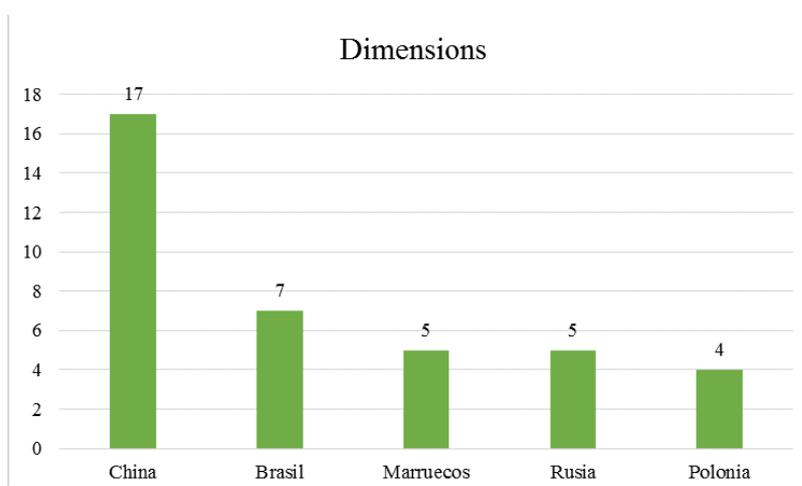
**Figura 18:** Evoluciones de las publicaciones en Web of Science por países



Nota: Elaborado por los autores

Finalmente, La figura 19 presentó la evolución de las publicaciones por países de la base de datos Dimensions AI donde lidera China con 17 artículos, seguido de Brasil con 7 artículos, Marruecos y Rusia con 5 artículos y Polonia con 4 artículos en los últimos 5 años.

**Figura 19:** Evoluciones de las publicaciones en Dimensions AI por países



Nota: Elaborado por los autores.

Finalmente, luego de presentar los 233 artículos seleccionados en el proceso de inclusión y exclusión mostradas en la Tabla 1, se identificaron un total de 30 artículos relacionados con las variables de estudio y las palabras claves de la investigación que se presentaron en la siguiente Tabla 5, la cual expone un análisis detallado de los diversos métodos utilizados por los autores en el estudio de las variables del trabajo de investigación.

**Tabla 5: Matriz de artículos seleccionados.**

N°	Título	Autor/es	Metodología	Técnica	Instrumentos	Resultados
1	Fabricación sencilla de ladrillos y morteros sostenibles de última generación mediante geopolimerización de escombros de construcción.	(Zinatloo et al., 2024)	Pruebas físicas y mecánicas.	Observación directa.	Norma ASTM C3.	Se evaluó la resistencia a la compresión de las muestras de geopolímeros con distintos diseños para determinar el diseño de la mezcla que proporcione la mayor resistencia a la compresión haciendo un uso óptimo de las materias primas.
2	Diseño de materia prima, optimización de la temperatura de sinterización e investigación del mecanismo de desarrollo de ladrillos porosos autoespumantes con alta	(Yu et al., 2024)	Sinterización.	Descriptiva.	Cronómetro, balanza, cinta métrica.	Esta investigación preparó de manera innovadora un ladrillo poroso incorporando entre el 0% y 15% de escoria de alto horno y un 40% de lodos de una depuradora municipal, generando la producción sostenible de los ladrillos y dándoles un valor agregado.

---

	adición de residuos sólidos.					
3	Viabilidad y aplicación de materiales locales de circuito cerrado para producir bloques de tierra comprimida y estabilizada.	(Reyna et al., 2024)	Prueba de resistencia a la compresión.	Observación directa.	Máquina semiautomática.	Se recomendó limitar el contenido de cal al 10% debido a que en algunos casos el coeficiente de absorción y la resistencia a la compresión son mejores con un contenido de cal al 15%.
4	Ladrillos sostenibles a partir de residuos textiles reciclados: descripción general del ciclo de vida mecánico, térmico y cualitativo.	(Jamshaid et al., 2024)	Prueba mecánica y conductividad térmica.	Analítica.	Varios.	Todas las muestras de ladrillos mostraron enormes brechas en sus desempeños mediante varias pruebas repetidas y mostraron los valores más altos para las resistencias de tracción, flexión y compresión.
5	Un imitador predictivo de las propiedades mecánicas de ladrillos ecoeficientes y sostenibles que incorporan residuos de vidrio mediante aprendizaje automático.	(Khokhar et al., 2023)	Pruebas de soporte.	Analítica.	Máquina de vector de soporte.	En este estudio, los resultados obtenidos del modelo ML se sometieron a una comparación exhaustiva con los modelos ML establecidos previamente. Vale la pena señalar que ningún modelo ML existente se centró específicamente en ladrillos que incorporan vidrio de desecho, por lo que la comparación se limitó a los ladrillos convencionales.

---

6	Utilización sostenible de cenizas de lodos de papel incinerados para la fabricación de ladrillos de construcción.	(Govindan y Kumarasamy, 2023)	IPMSA en producción de ladrillos.	Analítica.	Compresora hidráulica, varios.	El estudio sugirió reutilizar las cenizas de lodos de fábricas de papel incinerados para minimizar la degradación ambiental, la mejora de la sostenibilidad mediante el uso de los residuos, sus beneficios y la caracterización de los ladrillos. Basándose en los procesos y pruebas realizados, se determinó que, para el estudio de verificación del diseño óptimo, una dosificación de 1 parte de cemento Portland tipo I por 7 partes de árido grueso, árido fino y RCD. y RCD. es dosificación aplicable tanto para la evaluación de físicas y mecánicas.
7	Valorización y reutilización de residuos de construcción y demolición para su transformación en ladrillos ecológicos.	(Ñañez et al., 2023)	Pruebas físicas y mecánicas.	Descriptiva.	Peso específico y unitario.	En el presente trabajo, se utilizó BWP como material precursor para el desarrollo del diseño de ladrillo geopolímero a base de BWP mediante FFD, un diseño experimental. Se variaron la molaridad, la proporción de solución alcalina y la temperatura de curado, y se estudió y presentó su
8	Desarrollo del diseño de un ladrillo geopolímero sustentable a partir de residuos de ladrillo mediante una metodología de diseño factorial completo.	(Rihan y Shrivastava, 2023)	Diseño experimental.	Descriptiva.	Varios.	En el presente trabajo, se utilizó BWP como material precursor para el desarrollo del diseño de ladrillo geopolímero a base de BWP mediante FFD, un diseño experimental. Se variaron la molaridad, la proporción de solución alcalina y la temperatura de curado, y se estudió y presentó su

						influencia.
9	Idoneidad del reciclaje de residuos industriales cerámicos por activación alcalina para su uso como materiales de construcción y restauración.	(Fugazzotto et al., 2023)	Análisis proceso de activación alcalina.	Observación directa.	Varios.	De acuerdo con los análisis químicos (EDS), moleculares (FTIR-ATR) y morfológicos (SEM, TEM), fue posible evaluar la ocurrencia del proceso geopolimérico, realizándose algunas diferencias entre las muestras, particularmente en lo que respecta a la red de polimerización, así como a la formación de sales secundaria.
10	Hacia ladrillos ligeros y duraderos sostenibles utilizando materiales a base de cáñamo activados con álcali.	(Ebrahim et al., 2023)	Análisis proceso de activación alcalina.	Análítica.	Varios.	Se presentan las propiedades mecánicas y de durabilidad de un material activado con álcali a base de cáñamo para su uso como ladrillos de construcción sostenibles.
11	Utilización de poliestireno expandido y hueso de aceituna en la fabricación de ladrillos ligeros: evaluación de sus propiedades y durabilidad.	(López y Cultrone, 2023)	Conductividad térmica.	Descriptiva.	Prensa hidráulica, varios.	La concentración de óxidos mayoritarios no se ve afectada por la presencia de aditivos en los ladrillos cocidos. Esto se debe a que el EPS está compuesto casi totalmente de aire, mientras que el hueso de aceituna está compuesto

---

						principalmente de C y O, siendo ambos consumidos durante la cocción.
12	Estudio del rendimiento de la incorporación de ladrillos de tierra comprimida con ladrillos de arcilla refractaria de desecho como relleno.	(Mohd et al., 2023)	Pruebas físicas y mecánicas.	Analítica.	Test de revisión.	La utilización de residuos de ladrillos de arcilla refractaria como material de relleno en un ladrillo de tierra comprimida es uno de los enfoques para reducir la eliminación inadecuada de residuos de ladrillos de arcilla refractaria en el medio ambiente. Este enfoque puede desarrollarse hacia un producto sostenible en las industrias de la construcción.
13	Caracterización de un compuesto de polipropileno y polietileno para la producción de ladrillos en muros no estructurales.	(Salcedo et al., 2023)	Pruebas físicas y mecánicas.	Descriptiva.	Varios.	Se llevó a cabo la caracterización del material compuesto de polipropileno y polietileno de alta densidad (HDPE-PP). Se realizaron pruebas para conocer las propiedades mecánicas del material, obteniéndose resultados satisfactorios.
14	Reciclaje de caucho y tereftalato de polietileno (PET) para producir	(Lizarzaburu et al., 2023)	Pruebas físicas y mecánicas.	Analítica.	Test de revisión.	Con los resultados obtenidos, se comprueba que la fabricación artesanal de un ladrillo ecológico utilizando

---

	ladrillos ecológicos en Perú.					reciclado de caucho y tereftalato de polietileno, ha superado los valores exigidos por la norma peruana, por lo que la dosis óptima de 24% de PET y caucho reciclado junto con 50% de cemento y 26% de sílice permite la reutilización de residuos sólidos sin perder las características físico-mecánicas de la unidad constructiva.
15	Residuos ferrosos y tereftalato de polietileno en la producción de ladrillos ecológicos: caracterización.	(Acosta et al., 2023)	Pruebas físicas y mecánicas.	Descriptiva.	Normas Técnicas Peruanas NTP 399.604 y NTP 399.613.	De acuerdo con los resultados se determinó que el primer prototipo de ladrillo clasifica como tipo V, el segundo, tercero y cuarto ladrillos clasifican como tipo III, el quinto clasifica como tipo IV, siendo el quinto y primer ladrillos los de mejor calidad, clasificándose como un ladrillo apto para ser utilizado como ladrillo portante en recubrimientos de vivienda y cumple con lo estipulado en la Norma Técnica de Albañilería E.070.
16	Viabilidad del uso de	(Mukhtar et al.,	Pruebas físicas y	Analítica.	Test de	Los resultados experimentales mostraron

	cenizas de carbón para la producción de ladrillos sostenibles.	2022)	mecánicas.		revisión.	que el porcentaje de absorción de agua de los ladrillos CA (6–11%) fue significativamente menor que el porcentaje de absorción de agua de los ladrillos de arcilla convencionales para ladrillos resistentes a la intemperie severa (17%) y resistentes a la intemperie moderada (22%).
17	Reutilización sostenible de residuos agroindustriales para fabricar ladrillos de cemento ecológicos.	(Wei et al., 2022)	Pruebas físicas y mecánicas.	Descriptiva.	Varios.	El ladrillo de cemento verde propuesto muestra una buena viabilidad para su aplicación en la industria de la construcción, promoviendo la sostenibilidad de los materiales y una mejor gestión de los residuos. También se recomienda llevar a cabo un programa de pruebas más exhaustivo para evaluar el uso potencial de los nuevos ladrillos, como el cambio de longitud, el sonido y las propiedades de aislamiento térmico.
18	Materiales lignocelulósicos como refuerzo de ladrillos de suelo-cemento.	(Freire et al., 2022)	Pruebas físicas y mecánicas.	Observación directa.	Test de revisión.	Los ladrillos producidos con cascarilla de arroz obtuvieron los mejores resultados en términos de propiedades

---

19	Desarrollo de ladrillos de suelo-cemento a partir de residuos poliméricos.	(Lima et al., 2022)	Pruebas físicas y mecánicas.	Analítica.	Cronómetro, balanza, horno, prensa manual.	<p>mecánicas y térmicas, y continuaron estando entre los mejores tratamientos en cuanto a propiedades físicas, destacándose entre los residuos lignocelulósicos como una fuente alternativa de materia prima para la producción de ladrillos de suelo-cemento.</p> <p>El mejor desempeño se obtuvo para los ladrillos reforzados con 1,5% de PET, que mostraron una mejora significativa de la resistencia a la compresión, cumpliendo los criterios de las normas de comercialización, incluso después de la prueba de durabilidad, además de obtener los valores más bajos de conductividad térmica.</p>
20	Utilización de yeso fosforado y cascarilla de arroz para elaborar ladrillos sostenibles.	(Raut et al., 2022)	Pruebas físicas y mecánicas.	Descriptiva.	Varios.	<p>Los ladrillos sostenibles desarrollados exhiben un mejor aislamiento térmico que los BCB y FAB disponibles comercialmente.</p>

---

21	Aprovechamiento de residuos industriales quemados para elaborar ladrillos sostenibles.	(Meshram et al., 2022)	Pruebas físicas y mecánicas.	Observación directa.	Test de revisión.	El vertido y eliminación de escorias de cubilote en el suelo provoca la contaminación del suelo, lo que tiene una influencia directa en el ecosistema. Por ello, su uso productivo en la construcción de ladrillos ofrece, en cierta medida, una solución alternativa a estos problemas.
22	Caracterización térmica de ladrillos de suelo-cemento a partir de relaves mineros.	(Franca et al., 2022)	Evaluación de rendimiento térmico.	Descriptiva.	Máquina MTS-010 (PERMAQ).	Con base en las características técnicas de los ladrillos de suelo-cemento determinadas en esta investigación, es posible afirmar que es una alternativa ambiental para disponer los residuos generados durante el proceso minero, contribuyendo a la sostenibilidad.
23	Fabricación de ladrillos de esquisto cocidos sostenibles utilizando lodos de depuradora como materia prima.	(Wu et al., 2021)	Pruebas químicas.	Analítica.	Varios.	Se examinó experimentalmente el efecto de diferentes contenidos de lodos de depuradora sobre las propiedades de los ladrillos de esquisto verdes o cocidos. Se descubrió que las características físicas, mecánicas y térmicas, así como la microestructura de los ladrillos, se vieron afectadas aparentemente por la adición

---

						de lodos de depuradora.
24	Técnica de geopolimerización para la producción de ladrillos a partir de cenizas de carbón y colillas de cigarrillos.	(Akanyeti et al., 2020)	Pruebas físicas y mecánicas.	Descriptiva.	Test de revisión.	El principal resultado de este estudio es que los ladrillos livianos con 15% de cenizas de carbón tratadas químicamente lograron una baja densidad y al mismo tiempo mantuvieron una resistencia a la compresión dentro de los estándares. Esta investigación tiene dos implicaciones importantes en términos de desarrollo sustentable.
25	Desarrollo de ladrillos sostenibles a partir de cenizas de aserrín y carbón cocidos.	(Pradhan et al., 2020)	Pruebas físicas y mecánicas.	Analítica.	Varios.	El estudio general sugirió que los ladrillos de aserrín y ceniza de carbón son energéticamente eficientes, más livianos y con mejor desempeño térmico, además de brindar una solución sustentable para satisfacer la creciente demanda de materiales de construcción.
26	Ladrillos ecológicos a partir de residuos de piedra dimensional y resina de poliéster.	(Martins et al., 2020)	Pruebas físicas y mecánicas.	Analítica.	Varios.	En este trabajo se logró desarrollar un nuevo ladrillo ecológico a base de residuos de piedra dimensional (caliza) y resina de poliéster, utilizando peróxido

---

---

						<p>de metiletilcetona como catalizador, producido y prensado a temperatura ambiente, en el modelo de ladrillos de suelo-cemento.</p>
27	<p>Hacia ladrillos sostenibles fabricados con morteros de escoria de desulfuración activados alcalinamente reforzados con fibra que incorporan agregados de horno de oxígeno básico carbonatado.</p>	<p>(Mastali et al., 2020)</p>	<p>Pruebas físicas y mecánicas.</p>	<p>Descriptiva.</p>	<p>Cronómetro, balanza, varios.</p>	<p>En este trabajo se presentan los resultados experimentales realizados sobre la resistencia mecánica, la contracción por secado, las propiedades de durabilidad y el análisis ambiental para desarrollar ladrillos a partir de aglutinantes a base de DS activados con álcali que contienen agregados de BOF carbonatados.</p>
28	<p>Diseño y análisis de juntas de mampostería de ladrillos sustentables: una aplicación de una técnica de toma de decisiones.</p>	<p>(Raheel et al., 2019)</p>	<p>Pruebas físicas y mecánicas.</p>	<p>Observación directa.</p>	<p>Prensa mecánica, varios.</p>	<p>En el análisis experimental, se observó el siguiente resultado durante el análisis del desempeño de las estructuras de mampostería de ladrillo. El análisis indicó que la unión inglesa dio el valor máximo de resistencia a la compresión y a la flexión, con una relación de mortero de cemento de 1:3. Sin embargo, con el aumento de arena en la relación de</p>

---

---

						<p>mortero de cemento (1:8), la resistencia a la compresión y a la flexión disminuyeron a medida que se redujo la capacidad de adhesión del mortero de cemento.</p>
29	<p>Reciclaje de residuos de construcción para fabricación de ladrillos sostenibles.</p>	<p>(Rojas y Aquino, 2019)</p>	<p>Pruebas físicas y mecánicas.</p>	<p>Analítica.</p>	<p>Test de revisión.</p>	<p>Los resultados mostraron que los ladrillos ecológicos fabricados con la mezcla de cementante RA solo de 3/8 y 1/4 de pulgada a finos cumplen con los requerimientos de la norma, proporcionando valores de resistencia a la compresión de hasta 8 MPa; además, el uso de extracto de <i>O. ficus-indica</i> como aditivo natural mejoró notablemente la trabajabilidad de la mezcla.</p>
30	<p>Fabricación de ladrillos de arcilla sostenibles utilizando residuos del reciclaje secundario de aluminio como materia prima.</p>	<p>(Bonet et al., 2019)</p>	<p>Pruebas físicas y mecánicas.</p>	<p>Analítica.</p>	<p>Varios.</p>	<p>En este trabajo se utilizó polvo de filtro de la industria del aluminio como materia prima para la fabricación de ladrillos de arcilla. La composición del residuo es rica en aluminio y además presenta un alto porcentaje de fundentes</p>

---

---

y compuestos gaseosos. La incorporación de cantidades crecientes de AFD produjo ladrillos con mayor superficie específica, es decir, con mayor número de poros, pero de menor tamaño.

---

Nota: Elaborado por los autores

De esta manera, la Tabla 5 presenta la lista de los 30 artículos seleccionados en la revisión bibliográfica del método análisis bibliométrico, donde se muestra el título, autores, metodología, técnicas, instrumentos y los resultados de cada investigación basadas en la realización de ladrillos ecológicos o sostenibles de los últimos 5 años anteriores. Los diferentes autores discuten sobre los aspectos más importantes que es adentrarse en el mundo de la construcción sostenible, debido a que en la actualidad existen varias clases de residuos como el polietileno tereftalato (PET), lo que lo representa como una materia prima necesaria para la fabricación de un prototipo para ladrillos ecológicos. El análisis físico y mecánico representa una de las metodologías con rasgos y herramientas factibles para determinar y simular el prototipo previamente a su fabricación. Es por ello que la implementación de esta herramienta se reflejó en la investigación a realizarse, debido a que brinda una serie de pasos detallados para la construcción del prototipo para ladrillos ecológicos.

## Determinación de metodologías aplicadas en los artículos extraídos

Por medio de la realización de la matriz referencial de los artículos seleccionados, se ejecutó un análisis de las metodologías (Figura 12) que se usaron en los diferentes estudios realizados por parte de los autores seleccionados, en los cuales el más destacado es “pruebas físicas y mecánicas”. Para ello se realizó la frecuencia de las metodologías, técnicas e instrumentos que se utilizaron en los diferentes artículos extraídos.

*Figura 20: Metodologías aplicadas de los artículos extraídos.*

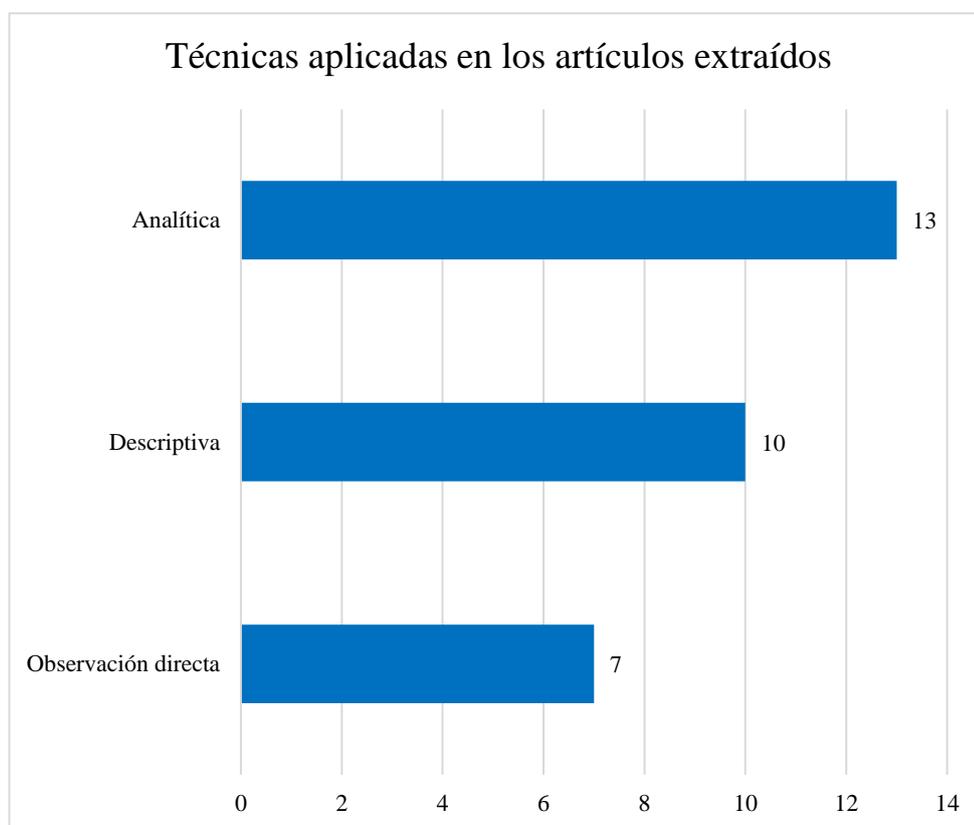


Nota: Elaborado por los autores.

En la Figura 20 se expuso la frecuencia de las metodologías aplicadas de los artículos extraídos presentados, determinando que la metodología de “pruebas físicas y mecánicas” se encontró en 19 estudios de la selección, mientras que la “análisis proceso de activación térmica” se presentaron en 2 artículos, las demás metodologías presentaron solo una frecuencia, lo que determina que la metodología “pruebas físicas y mecánicas” es la más adecuada para emplearla en este estudio. Por consiguiente, la metodología “pruebas físicas y mecánicas” es la metodología que se utilizó en este trabajo de investigación, tomando el estudio de Lizarzaburu et al., (2023) puesto tuvo como objetivo desarrollar ladrillos ecológicos añadiendo en su estructura caucho y PET los cuales son componentes plásticos.

## Determinación de las técnicas aplicadas en los artículos extraídos

*Figura 21: Técnicas aplicadas en los artículos extraídos.*

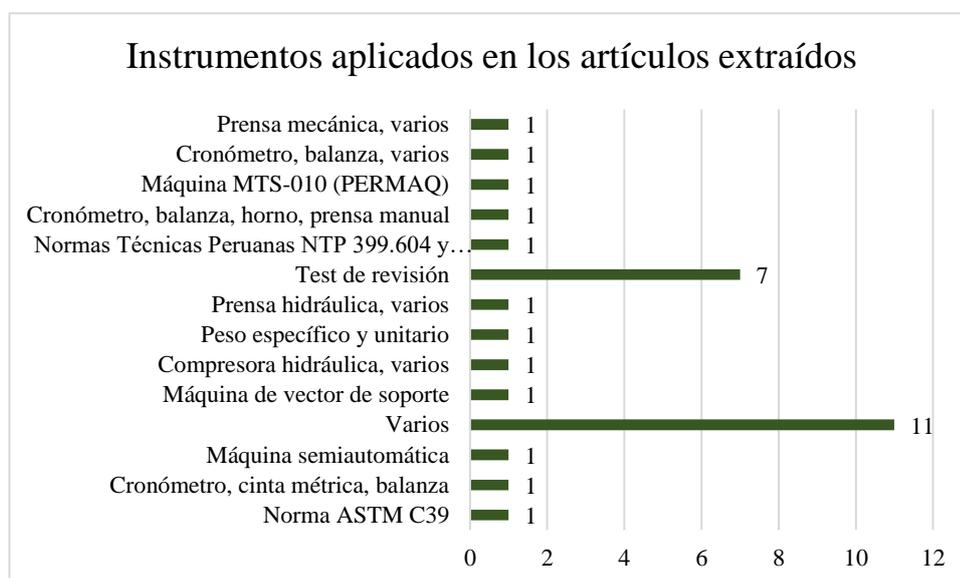


Nota: Elaborado por los autores.

En la Figura 21 se demostró que la técnica con mayor posibilidad a ser utilizada en el trabajo de investigación en la analítica debido a que se presentó en 13 estudios, seguida de la técnica descriptiva. La técnica descriptiva busca caracterizar y especificar las propiedades importantes del fenómeno sometido a análisis, de esta manera se registrarán y medirán los aspectos y dimensiones del prototipo para ladrillos ecológicos. De la misma manera en la Figura 22 se presentaron los instrumentos que se utilizaron en los artículos seleccionados, de los cuales se pueden utilizar cada uno de ellos debido a que cumplen la misma finalidad o un propósito determinado en la elaboración de los ladrillos ecológicos.

## Determinación de los instrumentos aplicados en los artículos extraídos

*Figura 22: Instrumentos aplicados en los artículos extraídos.*



Nota: Elaborado por los autores.

### 1.2.2. Discusión

La base de datos Scopus facilita el acceso a una amplia gama de artículos científicos, la cual recoge información bibliográfica de más de 16.000 revistas científicas, ofreciendo una visión general de la producción investigadora desde una perspectiva internacional (Chaparro et al., 2018). Scopus debido a su gran biblioteca de artículos científicos que dispone, así mismo como su facilidad de aplicar filtros de búsqueda como el título, palabras clave, resumen, autores, entre otros filtros que permiten una búsqueda más específica de información. Por otro lado, también permite exportar un archivo que contiene toda la información de una búsqueda específica, el cual se utiliza para realizar un diagrama bibliométrico.

El Software VOSviewer permite construir y visualizar figuras o diagramas de red bibliométricos, las cuales pueden ser de revistas científicas, investigadores o publicaciones individuales, las cuales están basadas en la producción anual científica, producción anual de los países, revistas más relevantes y temas en tendencia. Es así que se utilizó VOSviewer debido a que identifica los datos de cada artículo del archivo exportado de la base de datos, como por ejemplo el nombre del autor, país, revistas, número de referencias, número de citas, etc., para la

determinación de la información de los autores que aportaron información en base al tema de estudio.

El desarrollo de un prototipo de ladrillos ecológicos no solo permite minimizar el impacto ambiental que se genera en la industria de la construcción, sino que también permite reducir los costos de construcción de las edificaciones en la actualidad. Es así que Rodríguez, (2022) busca exponer un camino alternativo ecológico en la construcción y que se enfoque en el reciclado de productos plásticos los cuales serán usados como materia prima para la fabricación de los ladrillos de polietileno de tereftalato (PET), lo que conlleva la reducción de los residuos plásticos en la localidad.

Por otro lado, el estudio de Ribeiro et al., (2024) tuvo como objetivo la evaluación del efecto de la incorporación de lodos en las plantas de agua como reemplazo del agua utilizada en las mezclas compactadas de suelo-cemento, así que analizó los materiales mediante microscopía, aparte de determinar el peso específico y el valor óptimo de humedad en cada ensayo de compactación, obteniendo como resultados valores de compresión en un rango de 2,5 a 9,3 MPa, cumpliendo con el potencial para fabricar ladrillos ecológicos ambientalmente sostenibles.

El estudio de Arguedas y Eyzaguirre, (2024) indica que la contaminación por residuos no biodegradables es preocupante, normalmente por parte de los residuos polietileno de tereftalato (PET) y vidrio, por lo que su estudio tuvo como objetivo desarrollar un diseño eficiente de ladrillos ecológicos compuesto de cemento y de estos materiales, evaluando sus propiedades físicas y mecánicas para la reducción de estos residuos, los cuales presentaron una resistencia a la compresión de 77,99 kg/cm<sup>2</sup>, superando al valor mínimo de 70 kg/cm<sup>2</sup> lo que concluye que el ladrillo podría ser tomado como ladrillo tipo II según la norma de albañilería E.070.

Rodríguez et al., (2023) investigó la viabilidad de utilizar plástico reciclado como base para la fabricación de ladrillos ecológicos evaluando las propiedades de deformación de los ladrillos plásticos bajo la aplicación de fuerzas de compresión, flexión y tracción; se realizó el análisis térmico del material mediante el ensayo de ignición, calorímetro diferencial de barrido (DSC) y también se ensayó su capacidad

de absorción de agua, cuyas propiedades fisicoquímicas del compuesto cumplieron con las especificaciones de material para uso en muros no estructurales; lo que lo convierte en un material innovador con un enorme potencial de uso en el sector de la construcción.

Finalmente, el estudio de Yang et al., (2020) señala que la cerámica tiene como tratamiento los residuos sólidos de las tierras, por lo tanto estos generan un problema ambiental, es así que las fábricas productoras de cerámicas son las que generan un mayor impacto ambiental, por lo que se ha optado usarlo como aditivo para la fabricación de ladrillos. Kumar et al., (2021) que se fabrican alrededor de 17.000 millones de ladrillos en hornos, lo cual ha consumido una cantidad de 4.000 toneladas de leña y carbón para su fabricación, lo que significa que estas emisiones contribuyen al calentamiento global. En México se generan aproximadamente 33.666 toneladas cada día de desechos de construcción de las cuales solo se llegan a reciclar 1.000 diarias y el restante acelera al calentamiento global y contribuye a las enfermedades cardio-respiratorias debido a la concentración de gases invernadero. Para concluir, se determinó que todo residuo sólido puede ser utilizado para su reutilización como aditivo en la fabricación de ladrillos ecológicos para minimizar el impacto ambiental que estos generan.

### **1.3. Fundamentos teóricos**

#### **1.3.1. Variable independiente: prototipo**

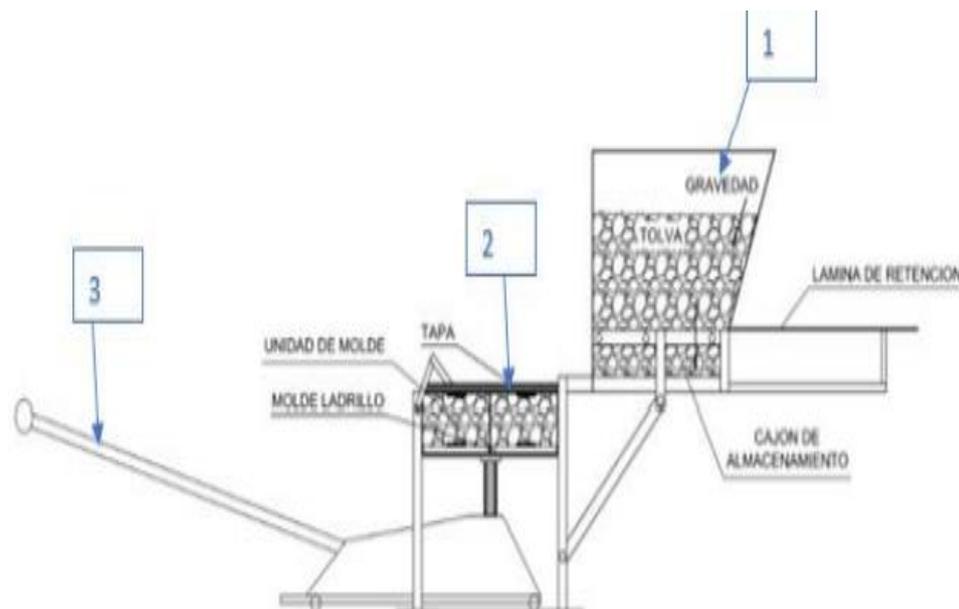
Cárdenas, (2021) establece que la función de un prototipo se refiere al uso de residuos con la finalidad de crear un producto de una mayor calidad o con un valor mayor al del original. Este estudio tiene como objetivo generar conocimientos que ayuden a comprender las necesidades de desarrollar prototipos ecológicos dentro de un modelo de producción y que brinde información relevante en base a la investigación sobre el diseño.

El estudio de Andreia, (2018) señala que un prototipo puede tomar la forma de un producto o servicio el cual se diseña con la finalidad de validar la viabilidad de producción y por lo tanto la comercialización o la transferencia al mercado, así mismo los prototipos sirven de punto de partida para el desarrollo de los futuros modelos del producto los cuales se pueden perfeccionar y modelar acorde al mercado.

El estudio de Arias, (2019) se centró en diseñar una máquina para la fabricación de ladrillos prensados, cuyo objetivo fue mejorar las operaciones de producción y el rendimiento de las máquinas ya existentes, mejorando al mismo tiempo las condiciones de trabajo y adquirir un fácil manejo en los procesos de producción.

La Figura 23 indicó la solución a la fabricación de ladrillos prensados de manera manual mediante el planteamiento de un sistema de compactación neumático, el cual garantiza velocidad y presión constante que sea eficaz al momento de hablar de productividad, el cual presenta una tolva donde se introduce la materia prima que cae por gravedad al cajón de almacenamiento el cual distribuye la mezcla en las unidades del molde y finalmente se realiza la operación de compactación al accionar el gato hidráulico.

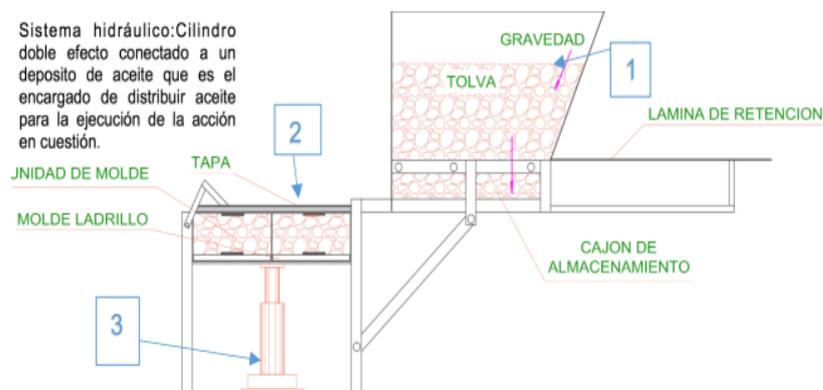
**Figura 23:** Esquema de máquina con gato hidráulico.



Nota: Elaborado por Arias-Benavides, (2019).

La Figura 24 presentó una segunda alternativa para la fabricación de la máquina de ladrillos que cumplen la función de prensarlos manualmente, el cual presenta una tolva donde se introduce la materia prima que va directo a la caja de unidades para iniciar la operación de compactación al iniciar el sistema neumático.

**Figura 24:** Esquema del sistema hidráulico.

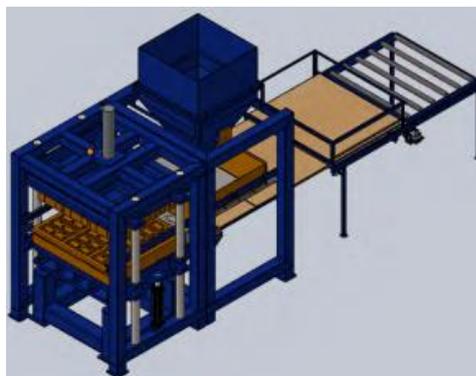


Nota: Elaborado por Arias-Benavides, (2019).

Es así que la investigación de Fermín et al., (2018) se centró en el desarrollo de un prototipo de ladrillo fabricado a partir de materiales que sean 100% reciclables, mediante los estudios previos con respecto a las dimensiones de un ladrillo y el porcentaje de composición de cada material utilizado en la fabricación de productos con plástico, cartón, etc. Este estudio presentó resultados favorables debido a que contribuyó a minimizar el impacto ambiental que genera la construcción tradicional y permite mejorar la calidad de vida de muchas familias.

El estudio de Caicedo, (2020) presentó el diseño de una máquina para la fabricación y adoquines a partir de residuos de construcción el cual sigue las características establecidas por la norma NTC que deben tener los bloques y la capacidad para producir ladrillos como lo visualizan en la figura 25, así mismo con la aplicación de las pruebas físicas y mecánicas de estos para determinar la presión de operación de la máquina.

**Figura 25:** Máquina compactadora.



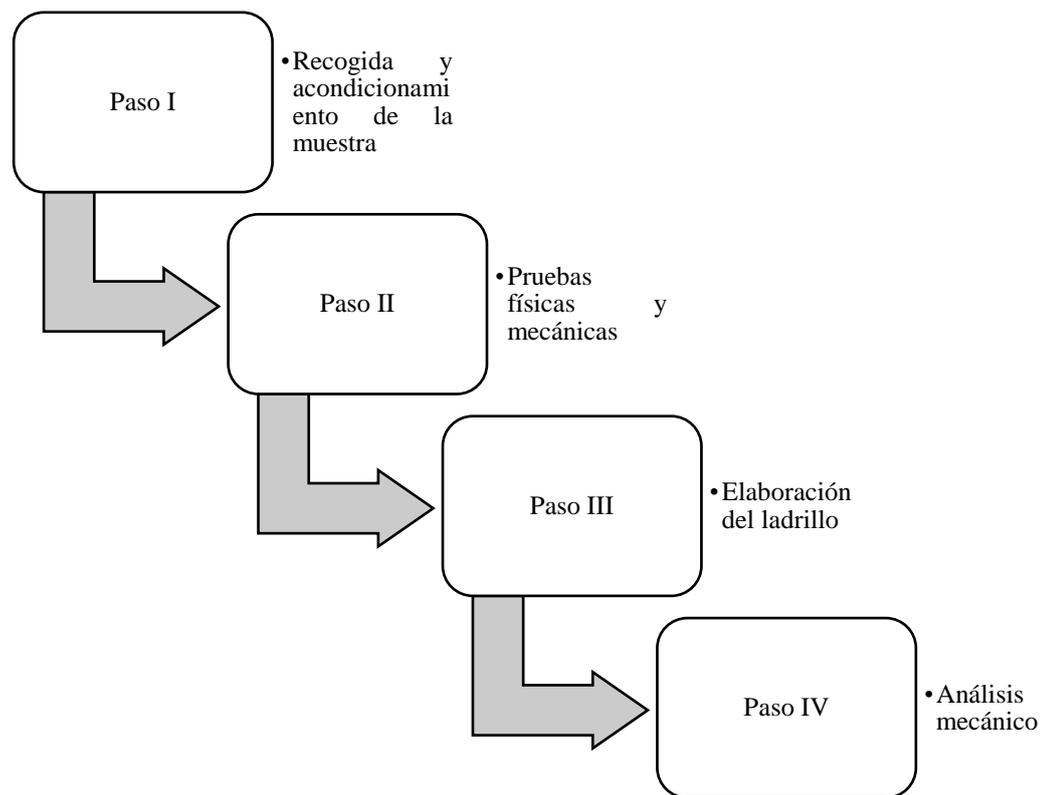
Nota: Elaborado por Caicedo, (2020).

### 1.3.2. Variable dependiente: Ladrillo ecológico:

El estudio de Leiva y Reyes-, (2019) se enfocó en el desarrollo de ladrillos ecológicos basado en la reutilización de 45 millones de toneladas de cenizas procedentes de centrales térmicas, debido a que actualmente el ladrillo 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 Lizarzaburu et al., (2023) presentó en la figura 26 la siguiente metodología para la realización de este trabajo de investigación, con el propósito de cumplir el objetivo del estudio.

*Figura 26: Metodología para la fabricación de ladrillos ecológicos.*



Nota: Elaborado por los autores, adaptado de (Lizarzaburu-Aguinaga et al., 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 ladrillos 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 Ávila et al., (2024) analiza las propiedades físicas y mecánicas de las botellas de polietileno de tereftalato (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.

### **1.5. Recapitulación del Capítulo I**

En el Capítulo I se empleó la revisión bibliográfica mediante el método bibliométrico para el estudio de las variables, empezando por la selección de la base de datos (Scopus, WOS y Dimensions AI) para la recolección de investigaciones basadas al tema de estudio para su posterior anotación.

También se utilizó el Software VOSviewer para la construcción del diagrama bibliométrico basada en la producción científica anual, producción anual de países, revistas más relevantes y temas en tendencia para la determinación de los países y revistas con mayor aportación de productividad científica en base al tema de estudio. Así mismo se determinaron un total de 30 artículos, los cuales sirvieron para la selección de la metodología para este estudio mediante la realización de una matriz referencial.

Con el método bibliométrico, se determinó la metodología empleada en la realización del trabajo de investigación, siendo así el estudio de Lizarzaburu et al., (2023) que presentó la metodología para la fabricación de los ladrillos ecológicos mediante una serie de pasos.

## II. MARCO METODOLÓGICO

La formulación del marco metodológico de la investigación en el estudio permite descubrir las diversas investigaciones para la construcción de la información, centrándose en proporcionar una orientación fundamental para el investigador de todos los niveles de experiencia en la ejecución del proyecto de investigación y realizarla con alta calidad, resumiéndose como una herramienta de gran importancia para los investigadores en busca de una mayor eficacia en la realización de una investigación (Viscaíno et al., 2023).

### 2.1. Enfoque de investigación

El trabajo de investigación utilizó un enfoque cuantitativo puesto a que dentro del análisis se requirió de la utilización de datos numéricos, Sánchez, (2019) indica que la investigación bajo el enfoque cuantitativo trata con fenómenos que se pueden medir mediante la utilización de herramientas estadísticas para analizar la información recolectada cuyo propósito radica en la descripción, explicación y control objetivo de las causas y la predicción de su ocurrencia.

El estudio de Castañeda, (2022) indica que la investigación cuantitativa se desarrolla siguiendo un ciclo de inducción y deducción comprometiendo a la hipótesis y trascendencia del estudio. De esta manera el enfoque cuantitativo se define en función de la naturaleza del fenómeno que se estudia, para medir la magnitud del problema luego recolectar la información deseada. Dentro del trabajo de investigación, el enfoque cuantitativo utilizó un análisis numérico para determinar las características del prototipo de ladrillos ecológicos.

### 2.2. Diseño de investigación

En el diseño de investigación se detalla cómo se lograrán los objetivos de forma concreta que tiene lugar únicamente en la interacción objeto-sujeto, por lo que es importante definir los componentes del objeto de investigación y el campo de acción, atendiendo los valores metodológicos con la finalidad de revelar su función en el diseño de investigación (Leyva y Guerra, 2020).

En el presente trabajo de investigación se aplicó un diseño de investigación experimental puesto a que se pondrá a prueba la existencia del acontecimiento

relacionado con la variable independiente mediante un diseño preliminar, el mismo que a futuro será puesto a control y observación para garantizar un óptimo resultado. El tipo de la investigación fue cuasi-experimental debido a que es una investigación en la que existe una exposición y una respuesta a confrontar, sin embargo es importante mencionar que no existe aleatorización de los objetos de estudio hacia las agrupaciones de tratamiento, agregando que se logró contrastar que la metodología cumplió con la validez de los datos, siendo reconocidos y admitidos en todo el proceso experimental (Calle, 2023). La investigación experimental permitió analizar las características del prototipo de ladrillos ecológicos, mediante una serie de ensayos para la medición de estas.

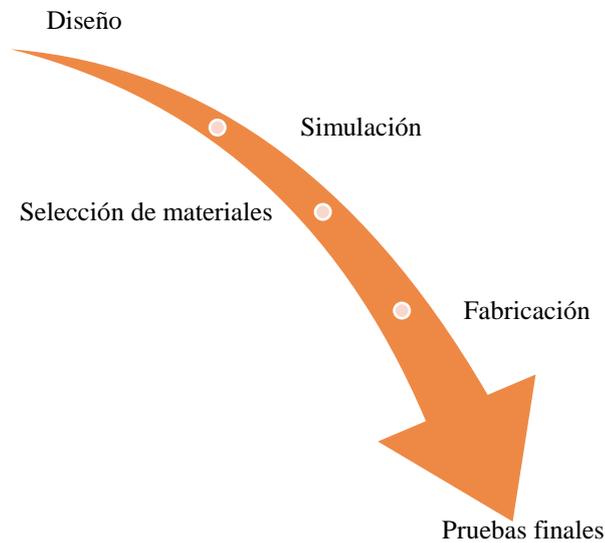
De la misma manera, el trabajo de investigación contuvo un alcance descriptivo, el cual se enfocó en describir los fenómenos presentados en los ensayos de la fabricación del prototipo de ladrillos ecológicos, Guevara et al., (2020) establece que el estudio descriptivo tiene la finalidad de describir las características fundamentales de un fenómeno mediante la utilización de criterios que establecen la estructura del fenómeno a estudiar. Este trabajo de investigación tiene la finalidad de demostrar las características que se producen en la utilización de los distintos materiales en la fabricación de los ladrillos ecológicos, demostrándolo a través de diversas pruebas.

### **2.3. Procedimiento metodológico**

El procedimiento metodológico consiste en la recopilación de datos mediante las herramientas y enfoques establecidos para dirigir los diferentes procesos determinados de manera eficiente y eficaz para alcanzar los resultados deseados con la finalidad de establecer una estrategia a seguir en cada proceso.

Para la aplicación del procedimiento metodológico en base al prototipo, el estudio guía que sirvió de ejemplo resultó ser el de Arias, (2019), el cual presenta sus etapas en la Figura 27:

**Figura 27:** Procedimiento metodológico realización de prototipo para ladrillos ecológicos.



Nota: Elaborado por los autores, adaptado de Arias, (2019).

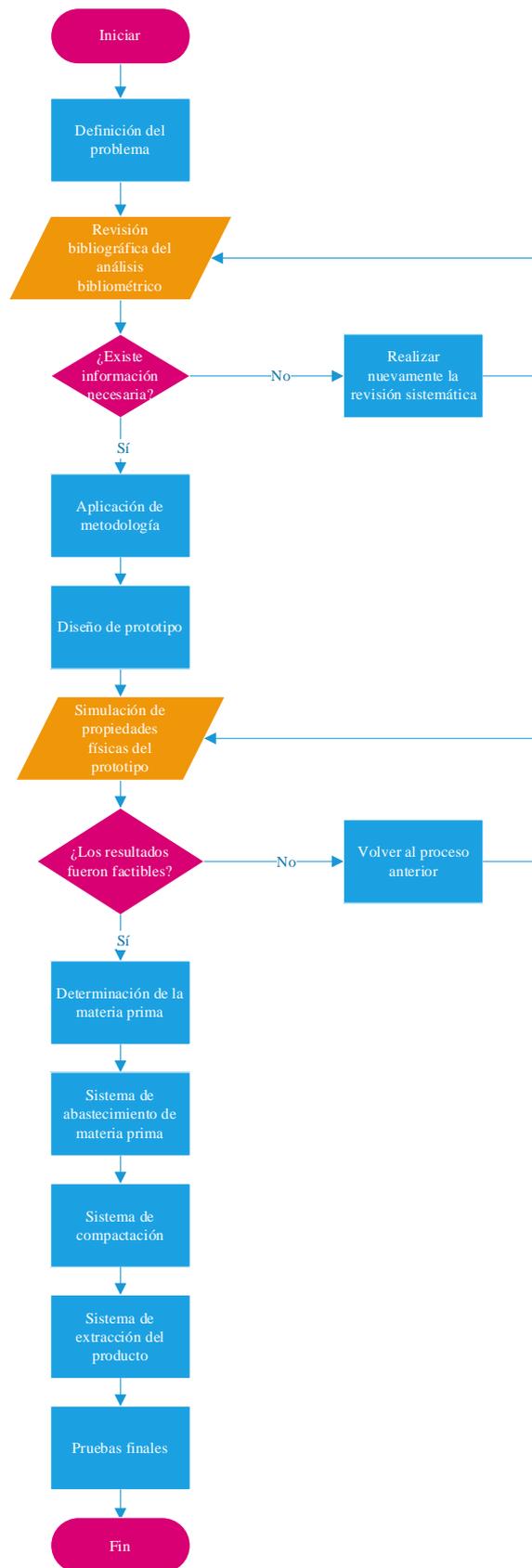
- Determinación de materiales a usar: este paso es importante debido que para la construcción de un prototipo para ladrillos ecológicos es la determinación del material que se utilizará. De la misma manera es importante determinar que los materiales a utilizar cumplan con las características físicas y mecánicas, lo cual ofrece durabilidad a largo plazo. La determinación de materiales es una técnica crucial en la investigación, desarrollo y producción de materiales y productos. Las técnicas utilizadas permiten una caracterización exhaustiva y precisa de los materiales, lo que a su vez permite mejorar sus propiedades y desarrollar materiales más avanzados.
- Determinación del sistema de abastecimiento de materia prima: en este proceso se determina el sistema de abastecimiento de materia prima para realizar la mezcla de las proporciones correspondiente de los componentes del producto final. En este caso la realización de una tolva es una mejor opción, debido a que es un contenedor similar a un embudo de gran talla destinado al depósito y canalización de materiales, sustancias, granulares o pulverizados.

Regularmente va montado en una base. Es de forma cónica, la carga se efectúa por la parte superior y la descarga se realiza por una compuerta inferior.

- **Determinación del sistema de compactación:** en este proceso se determina el sistema que realizará la acción de compactación de la materia prima proveniente de la tolva, en este proceso el operario de la manipulación de la máquina ejecuta por medio de una activación del sistema hidráulico para que inicie el proceso de compactación de materia prima y se ejerza una fuerza de compresión dentro de los cajones de unidades para el ladrillo.
- **Determinación del sistema para la extracción del producto:** en este proceso se determinará el sistema para extraer el producto luego del proceso de compactación, el mismo que se realizará manualmente utilizando guantes que permiten una mayor manipulación del producto y evitando el contacto directo con el ladrillo. La manipulación del producto debe ser cuidadosa puesto que se observan las características del producto final y resolver las imperfecciones que constarán en el diseño del prototipo.
- **Construcción y pruebas finales:** el último proceso es la construcción física del prototipo luego de la simulación en el programa SolidWorks para la determinación de sus propiedades físicas y mecánicas, así como su rendimiento real. Luego de ser ensamblada se realizarán pruebas en condiciones reales para evaluar su rendimiento. En este proceso se analizan los aspectos como la eficiencia de compactación, propiedades del ladrillo, así como su durabilidad, resistencia y entre otras características para su comparación con las de un ladrillo tradicional.

En la Figura 28, se detalló el diagrama de flujo el cual indicó los procedimientos a seguir para la construcción del prototipo para ladrillos ecológicos iniciando con la definición del problema hasta la construcción de este. La revisión bibliográfica es fundamental para la construcción del prototipo debido a que en este proceso se extrajo la información necesaria como las metodologías, técnicas e instrumentos necesarios para la construcción del prototipo.

**Figura 28:** Diagrama de flujo proceso de construcción de prototipo.



Nota: Elaborado por los autores.

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

### **2.4.1. Métodos de recolección de los datos**

El método para la recolección de datos fue la observación directa, debido a que se recolectará la información de los materiales reciclados así mismo como la observación de las características del prototipo y de los ladrillos ecológicos. López et al., (2019) indica que la observación requiere de la atención enfocada al objeto de investigación y la capacidad de determinar las diferencias entre los fenómenos, cuyo proceso recae en el acto de atención enfocándose en la percepción de ciertos aspectos de lo que se está observando y el grado en el que puede variar.

### **2.4.2. Técnicas de recolección de los datos**

La técnica de recolección de datos es la experimentación, debido a que se realizaron varios ensayos de la fabricación del prototipo de ladrillos ecológicos, García et al., (2019) establece que la técnica de la experimentación permite la determinación y solución de los diversos problemas que se manifiestan en cada escenario estudiado.

Esto permitió el registro real del desempeño del prototipo, mediante la observación de los aspectos como la eficiencia en la compactación de los ladrillos ecológicos en base al polietileno de tereftalato (PET). Además, se planteó el uso de cálculos físicos y mecánicos para medir las características físicas y mecánicas del producto.

### **2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos**

Los instrumentos y herramientas de recolección de datos se aplican de acuerdo al tipo de investigación, objetivo y la técnica elegida (Cisneros et al., 2022), en este trabajo de investigación de utilizarán escalas para medir las características de los materiales reciclados y del prototipo de ladrillos ecológicos puesto que el enfoque de la investigación es cuantitativo.

Con la finalidad de recolectar información y la organización de los datos, se utilizó una matriz de registro para la anotación de resultados de la observación directa y documentar de manera eficaz la información. Así mismo se utilizó el software

SolidWorks, el cual facilitó la realización de cálculos y simulaciones del prototipo para ladrillos ecológicos y predecir su comportamiento ante las diversas condiciones de producción.

## **2.5. Variables de estudio**

Según Oyola, (2021) las variables de estudio son una característica o una propiedad observada que puede adquirir diferentes valores, la misma que puede ser cuantificada o medida en el trabajo de investigación. La variable independiente se define como la causa de la manifestación de la variable dependiente, mientras que la variable dependiente se define como el efecto de la manifestación de la variable independiente, siendo el centro de atención máxima en el trabajo de investigación.

- **Variable independiente:** Prototipo
- **Variable dependiente:** Ladrillos ecológicos

El estudio de Coronel, (2023) indica que la operacionalización de las variables consiste en el conjunto de técnicas y métodos que se utilizan para medir la variable de un estudio, siendo un proceso de separación y análisis de las variables en sus integrantes que permiten medirla. De esta manera, se estableció la operacionalización de las variables, donde se establece el concepto, indicadores para cada dimensión, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos para cada variable.

## **2.6. Procedimiento para la recolección de los datos**

Para Torres et al., (2019) el procedimiento de recolección de datos en una investigación debe estar sustentada con información verificada y que responda a las preguntas de investigación, por ello es fundamental realizar un procedimiento de recolección de datos de manera planificada teniendo claros los objetivos y profundidad de los datos recolectados. De esta manera se establece el procedimiento de recolección de datos de la siguiente manera:

### **a) Revisión bibliográfica**

Se empezó con la revisión bibliográfica para determinar los estudios relacionados al tema de investigación.

**b) Recolección y selección de materiales a utilizar**

Se recolectaron los materiales reciclados para la elaboración de los ladrillos ecológicos. Los diversos materiales se emplearán en porcentajes de la composición total del producto.

**c) Elaboración del molde**

Se fabricaron moldes de lata galvanizada con las siguientes dimensiones: 20 cm de largo, 10 cm de ancho y 8 cm de espesor para la elaboración de los ladrillos ecológicos.

**d) Determinación de la cantidad de materiales para la elaboración de los ladrillos ecológicos**

La cantidad de material necesario para la elaboración de cada ladrillo ecológico fue determinada por el molde (20 cm x 10 cm x 8 cm), por lo que fue necesario calcular el volumen, el cual fue de 1800 cm<sup>3</sup>.

**e) Elaboración del ladrillo**

- El material reciclado debe ser lavado y pasar por el proceso de limpieza de impurezas.
- Posteriormente, el material se pesa, se clasifica y se empaqueta con los porcentajes anteriormente mencionados para ser utilizados en los diferentes ensayos establecidos.
- Los moldes fueron sometidos a una fuerza de presión, por lo que fueron colocados en una presa mecánica manual y sometidas a una fuerza de presión de 3 a 5 kg aproximadamente durante 30 minutos a una temperatura ambiente, con la finalidad de evitar que se generen burbujas de aire, lo que generaría rajaduras en el ladrillo.
- Luego de retirar los ladrillos de la prensa manual, estos se pondrán al aire libre hasta enfriarse y ser almacenados.

**f) Determinación de las propiedades físicas y mecánicas**

Se tomarán 3 muestras de cada tratamiento, teniendo un total de 12 unidades experimentales. Para determinar y analizar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos se tomarán en cuenta ensayos de muestreo y análisis de compresión, mediante las normas de albañilería para comparar las propiedades del ladrillo ecológico con las de un ladrillo tradicional.

### g) **Elaboración del informe final**

Se elaborará el informe final, procesando los datos obtenidos en los ensayos realizados. El procedimiento de recolección de datos se vinculó directamente con el plan de análisis e interpretación de resultados para cada uno de los objetivos específicos de la investigación y de los capítulos que lo conforman, es así que la Tabla 6 se presentó el procedimiento que se realiza en cada capítulo, las herramientas utilizadas y los resultados de cada uno de los objetivos específicos.

**Tabla 6:** *Plan de análisis e interpretación de resultados.*

<b>Objetivo</b>	<b>Procedimientos</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Resultados esperados</b>
Realizar una revisión exhaustiva de la literatura mediante el estado del arte, sobre la fabricación de ladrillos ecológicos, enfocándose en bases científicas y técnicas relacionada con el uso de materiales reciclados, con el fin de establecer un marco teórico sólido que respalde la investigación	1. Revisión bibliográfica mediante el método de análisis bibliométrico	Revisión sistemática método análisis bibliométrico	Artículos científicos que sustenten la variable dependiente e independiente
	2. Conceptualización de las variables y elementos clave		Identificación de las metodologías aplicables al estudio
	3. Estudio del prototipo de ladrillos ecológicos		Identificación de los instrumentos y herramientas aplicables al estudio
Establecer un marco metodológico que defina las etapas de diseño y fabricación del prototipo de ladrillos ecológicos, incluyendo la selección de materiales, técnicas de producción y criterios para la recolección de datos, garantizando un enfoque sistemático y eficaz en el proceso	1. Definir el diseño y enfoque de la investigación	Pruebas de propiedades físicas y mecánicas	Determinación de la metodología
	2. Definir de la metodología de estudio		Identificación del procedimiento metodológico
	3. Definir de los instrumentos y herramientas de recolección de datos		Identificación de las técnicas para la realización del estudio
Elaborar el prototipo del ladrillo ecológico, mediante la ejecución del procedimiento metodológico guía y su evaluación de rendimiento, con el objetivo de determinar su aplicabilidad y beneficios en proyectos de construcción sostenibles en la provincia de Santa Elena	1. Aplicación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos	Matriz de registro Cinta Métrica, moldes, prototipo, PET	Presentación de los resultados mediante cuadros estadísticos
	2. Aplicación de las pruebas de propiedades físicas y mecánicas		Análisis de resultados
	3. Análisis de resultados para determinar las características del producto		Producto Final: Ladrillo ecológico

Nota: Elaborado por los autores.

## **2.7. Recapitulación del Capítulo II**

La metodología aplicada para la elaboración del marco metodológico del trabajo de investigación permitió conocer el tipo de enfoque utilizado, como es el enfoque cuantitativo, además del diseño experimental con un alcance descriptivo. También se determinó el procedimiento metodológico, el cual se llevó a cabo mediante el estudio de Arias, (2019) el cual sigue una serie de pasos para la fabricación del prototipo para los ladrillos ecológicos y la determinación de sus características físicas y mecánicas. Se establecieron además las técnicas, instrumentos y herramientas para la recolección de datos, así como la determinación del material reciclado que formó parte de la fabricación del ladrillo ecológico. Se ejecutó la operacionalización de las variables con la finalidad de establecer la categoría e indicadores a utilizar en cada variable. Finalmente, para el procedimiento de la recolección de datos se determinaron las fases a seguir para la fabricación del ladrillo ecológico desde la revisión bibliográfica hasta el análisis de las propiedades físicas y mecánicas del producto elaborado.

### III. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Marco de resultados

Mediante la observación de los antecedentes de los ladrillos realizados por materiales reciclables, en este caso de polietileno de tereftalato (PET), por lo que se realizará un análisis descriptivo de cuál será el valor agregado y la manera en la que se diferencia de los ladrillos tradicionales. Es importante mencionar que el presente trabajo de investigación parte desde el diseño de un prototipo para realizar un ladrillo ecológico, siendo fácil de compactar y encajando los ladrillos entre sí, lo que permitirá un favorable desempeño en la construcción, a comparación de los ladrillos tradicionales. Por otro lado, el ladrillo ecológico estará conformado por residuos reciclados, lo que indica que la operación de presado presentará como resultado un producto totalmente compactado que al secarse se volverá fuerte y macizo, así como la obtención de las propiedades de los materiales reciclados utilizados.

##### 3.1.1. Validación de la propuesta

La validación de la propuesta es un proceso cuya finalidad es recopilar información para la determinación de la relevancia mediante la prueba y documentación de un método conduciéndolo de manera efectiva y consistente. El instrumento de validación de la propuesta se presentó en los Anexos 23, 24 y 25.

Para la aplicación de la validación de la propuesta se tomaron en cuenta los siguientes criterios de inclusión y exclusión para la selección de los especialistas y la validación de la propuesta como se presentó en la Tabla 7:

**Tabla 7:** *Criterios de inclusión y exclusión para validación de la propuesta.*

N°	Criterios
1	Los expertos deben participar académicamente o pertenecer a una institución educativa.
2	Conocimiento y experiencia en el sector industrial.
3	Es importante que los expertos tengan conocimiento actual sobre las metodologías y prácticas de investigación en base al tema de estudio.
4	Es necesario valorar la diversidad de perspectivas y enfoques dentro del grupo de expertos para asegurar la representación de distintas

---

disciplinas o áreas de especialización relacionadas con el trabajo de investigación.

Se tomó también en cuenta la disponibilidad y disposición de los  
5 expertos para participar de manera comprometida en el proceso de validación de la propuesta.

---

Nota: Elaborado por los autores.

Los especialistas fueron contactados presencialmente en la institución, por lo que facilitaron la valoración de las preguntas de la encuesta en las escalas acorde a sus sugerencias, así mismo aceptando las sugerencias y observaciones por parte de los especialistas con el fin de incrementar la efectividad y precisión a la propuesta de prototipo para ladrillos ecológicos.

### **Consulta a expertos**

Se realizó la selección de los expertos teniendo en cuenta los parámetros de inclusión y exclusión presentados en la Tabla 7. Las características de los especialistas deben ser: 1) Conocimiento técnico en el área, 2) Experiencia en diseño y simulación, 3) Habilidad para la factibilidad y calidad técnica, 4) Dominio de conocimientos de la interacción mecánica. La Tabla 8 presentó las características de los expertos seleccionados:

**Tabla 8:** *Características de los expertos seleccionados.*

<b>Nivel de formación</b>	<b>Especialidad</b>	<b>Experiencia</b>	<b>Anexo</b>
Ingeniero Industrial	Electromecánico	20 años	Ver Anexo 23
Ingeniero Mecánico	PhD en Ciencias Técnicas	30 años	Ver Anexo 24
Ingeniero Industrial	Automatización industrial	20 años	Ver Anexo 25

Nota: Elaborado por los autores.

Respecto a las categorías de la calificación de la validación de la propuesta se plantearon 5 categorías valoradas en: Muy adecuado, Bastante adecuado, Adecuado, Poco adecuado e Inadecuado. El resumen de la calificación de los expertos se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9:** *Valoración del contenido de la propuesta*

<b>Experto</b>	<b>Calificación</b>	<b>Resumen</b>
1	34	Muy adecuado

2	35	Muy adecuado
3	34	Muy adecuado

Nota: Elaborado por los autores.

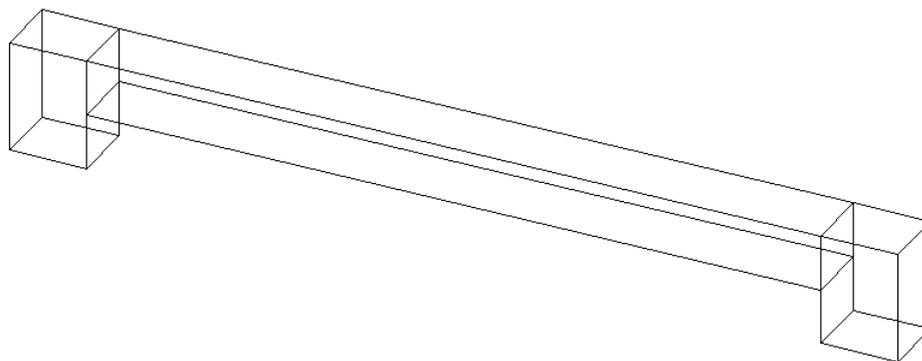
La Tabla 9 presentó la valoración del contenido de la propuesta, donde los expertos presentaron conformidad en base a la propuesta de prototipo para ladrillos ecológicos. Se tomaron valoraciones del 1 al 5 referente a las categorías para dar una calificación. De esta manera, las categorías fueron valoradas de manera positiva, los expertos manifestaron que se debe complementar con procesos clave para la fabricación del prototipo y se inicia la etapa de su diseño.

### 3.1.2. Etapa 1: Diseño

#### Diseño de pieza de la base del prototipo

Esta etapa se centró en el diseño de la estructura o base del prototipo, puesto que es importante garantizar la parte estática del prototipo ya que en esta sirve de apoyo a los ejes y soportan el peso de los demás componentes de la máquina. Así mismo se debe garantizar la eficiencia y seguridad del funcionamiento de la máquina por lo que la base principal estará soldada en las mejores condiciones para su soporte.

**Figura 29:** *Ensamble de pieza de la estructura de la base.*



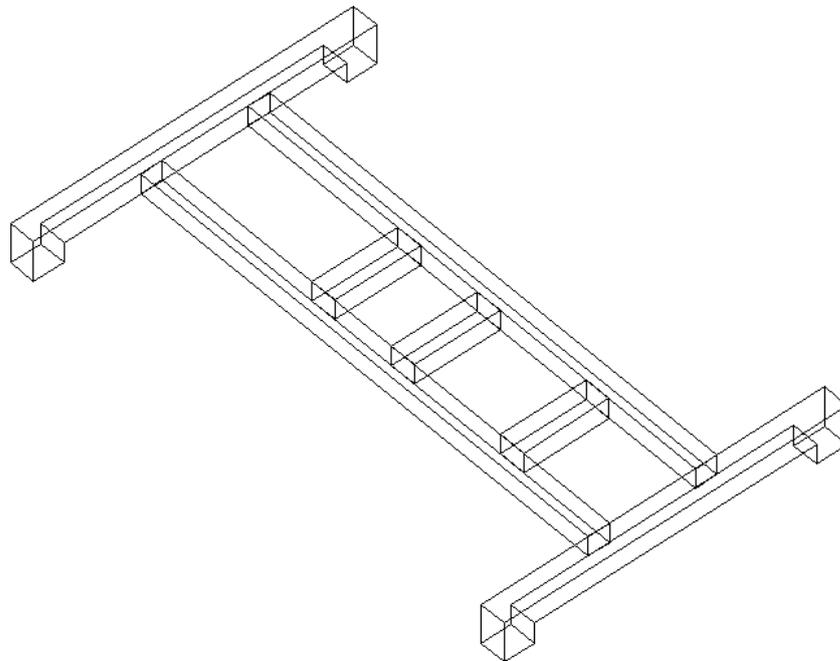
Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

En la Figura 29 se presentó el ensamblaje de una pieza de la estructura de la base la misma que cuenta con 3 piezas individuales de acero negro con las siguientes dimensiones: 2 piezas de 7\*6\*10 cm (L, A, H) las mismas que van soldadas a la pieza de 66\*6\*5 cm (L, A, H).

## Diseño de la base del prototipo

Para ese proceso se necesitaron 2 piezas de la Figura 22, también 1 tubo de 118\*5\*5 cm (L, A, H) los cuales van soldadas perpendicularmente a las piezas de la base y soldadas con 3 piezas de 20\*6\*5 cm (L, A, H) para que tengan una mayor estabilidad. La Figura 30 muestra precisamente la base del prototipo, la misma que está diseñada para soportar el peso de los demás componentes de la máquina. Está elaborada a partir de acero negro como se mencionó anteriormente debido a que este se utiliza para la fabricación de estructuras, proporcionando el soporte y resistencia de la estructura necesaria.

*Figura 30: Diseño de la base del prototipo*

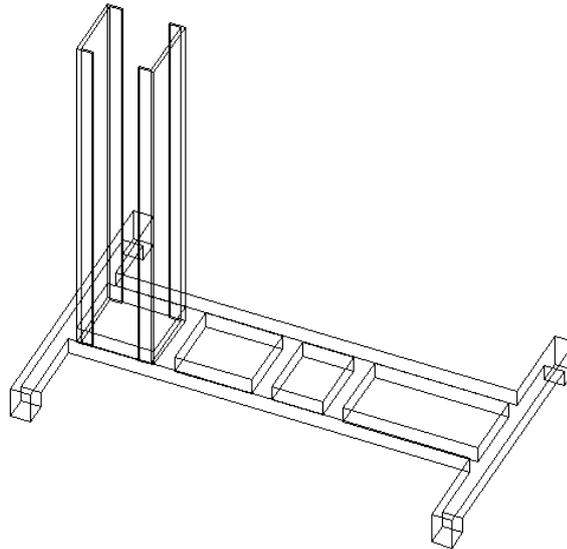


Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

## Diseño de vigas verticales

En la Figura 31 se presentó el diseño de la estructura del prototipo con las vigas verticales soldadas, estas vigas tienen unas dimensiones de 19\*1\*105 cm (L\*A\*H) y son huecas según el diseño establecido. De la misma manera el material de estas vigas es de acero negro debido a sus propiedades para la construcción de estructuras.

**Figura 31:** *Diseño de vigas verticales soldadas a la base de la estructura del prototipo.*

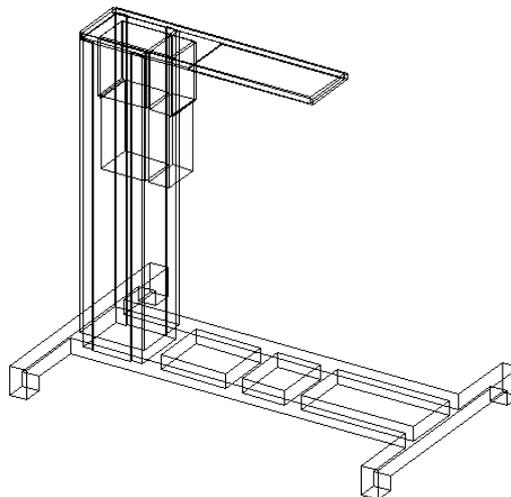


Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

### **Diseño de la estructura de la caja de recepción de materia prima**

En la Figura 32 se presentó el diseño de la estructura con la caja receptora de materia, la misma que proviene de la tolva. Esta caja va soldada en la abertura entre las dos vigas verticales cuya altura es de 105 cm cada una. La materia prima para la realización de los ladrillos cae directamente de la tolva para fabricar una unidad con las medidas anteriormente especificadas.

**Figura 32:** *Diseño de la estructura con la caja de recepción de material.*

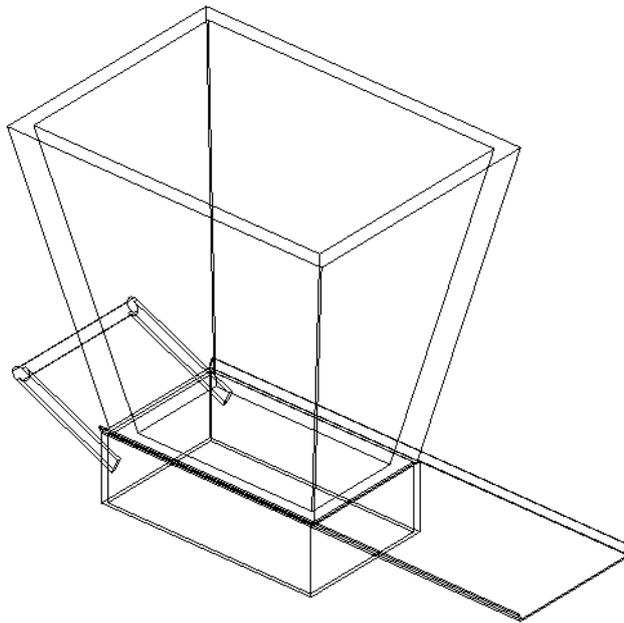


Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

## **Diseño del sistema de abastecimiento de materia prima**

Esta etapa se centró en el diseño del sistema de abastecimiento de materia prima, la misma que contiene una tolva y una caja deslizante que contendrá exactamente la materia prima necesaria para un ladrillo. La tolva cumple la función de contener la materia prima para la fabricación del ladrillo hasta que la caja se deslice para receptor el material y depositarlo en la caja donde será compactado.

*Figura 33: Diseño de abastecimiento de materia prima.*



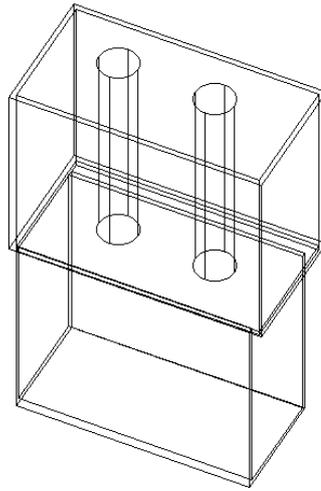
Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

La Figura 33 presentó la unión de la tolva con la caja receptora de materia prima, las mismas que están encima de la estructura previamente diseñada. En este proceso, el encargado del abastecimiento de materia prima es responsable de realizar la mezcla en las proporciones correspondientes de los diferentes componentes del producto final, para posteriormente introducirla en la tolva del prototipo de manera manual.

## **Diseño de sistema de compactación**

En esta etapa se diseñó el sistema de compactación, la misma que se presentó en la Figura 34, donde se encuentra la caja receptora de materia prima proveniente de la tolva junto con la caja que ejercerá el proceso de compactación, cuya función se realizará mediante la gata hidráulica eléctrica de 12V.

**Figura 34:** *Diseño del sistema de compactación.*

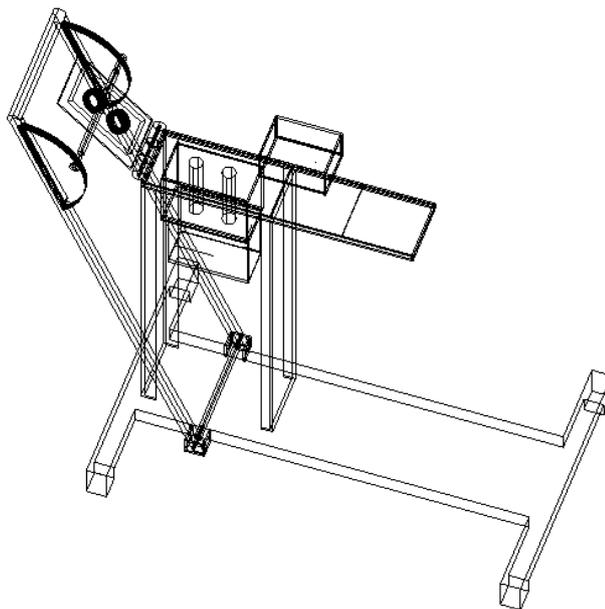


Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

### **Diseño del sistema de compactación**

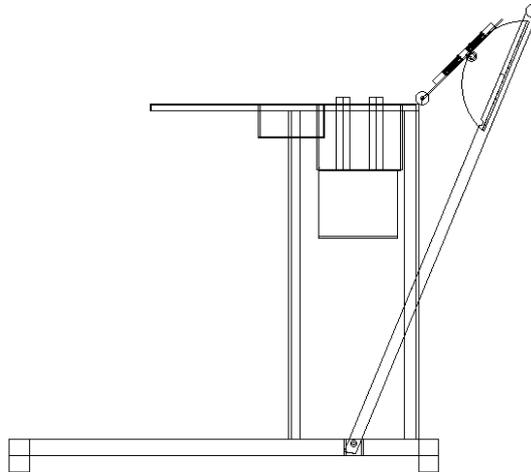
La Figura 35 presentó el diseño del sistema de compactación final, mostrando la palanca que sellará la caja receptora de materia prima proveniente de la tolva. En este proceso se realiza la compactación de la materia prima, el encargado de la manipulación de la máquina ejecuta por medio del encendido de la gata hidráulica eléctrica de 12v para que inicie la fuerza de compresión sobre la materia prima.

**Figura 35:** *Diseño del sistema de compactación.*



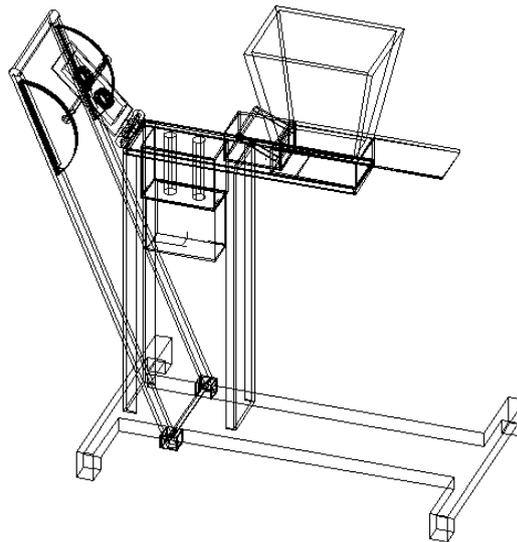
Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

**Figura 36:** Vista lateral del sistema de compactación.



Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

**Figura 37:** Vista general del prototipo de ladrillo ecológico.



Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software AutoCAD 3D.

En el proceso de extracción del producto, el encargado de retirar el producto después de la compactación, lo realizará manualmente, usando guantes de caucho, los mismos que permiten una mejor manipulación del producto habiendo referencia al no deslizamiento de éste, por otro lado, se evita el contacto directo con el ladrillo debido a que la mezcla compuesta es perjudicial para la piel.

En los parámetros del diseño del prototipo, es muy importante identificar el sistema de compactación, con la finalidad de obtener un proceso con propiedades constantes que genere un producto homogéneo en sus características finales.

Actualmente, en la industria de producción de ladrillo prensado existen máquinas especializadas en esta operación que tienen un elevado costo por su envergadura y su amplia funcionalidad respectivamente, debido a esto se busca el diseño de una máquina capaz de realizar las operaciones básicas de compactación a un costo más asequible al público garantizando condiciones finales del producto según la normatividad para su comercialización, por lo que se optó por la adquisición de la gata hidráulica eléctrica de 12V.

### **Proceso y funcionamiento**

En el diseño de la máquina encargada de la fabricación de ladrillo prensado como primer parámetro del proceso, se inicia con la adición de materia prima a cargo del operario en la tolva de la máquina, posteriormente, esta llega a un cajón de almacenamiento donde distribuye la materia prima en las dos unidades del molde respectivamente, es aquí donde el sistema hidráulico realiza operaciones de compactación a una presión constante durante todo el proceso de fabricación del ladrillo prensado, seguidamente, se expulsa el producto de las unidades del molde y se retira con características homogéneas para ser llevado a la siguiente etapa del proceso como se muestra en la Figura 38.

*Figura 38: Conceptualización del diseño*



Nota: Elaborado por los autores.

### **3.1.3. Etapa 2: Simulación**

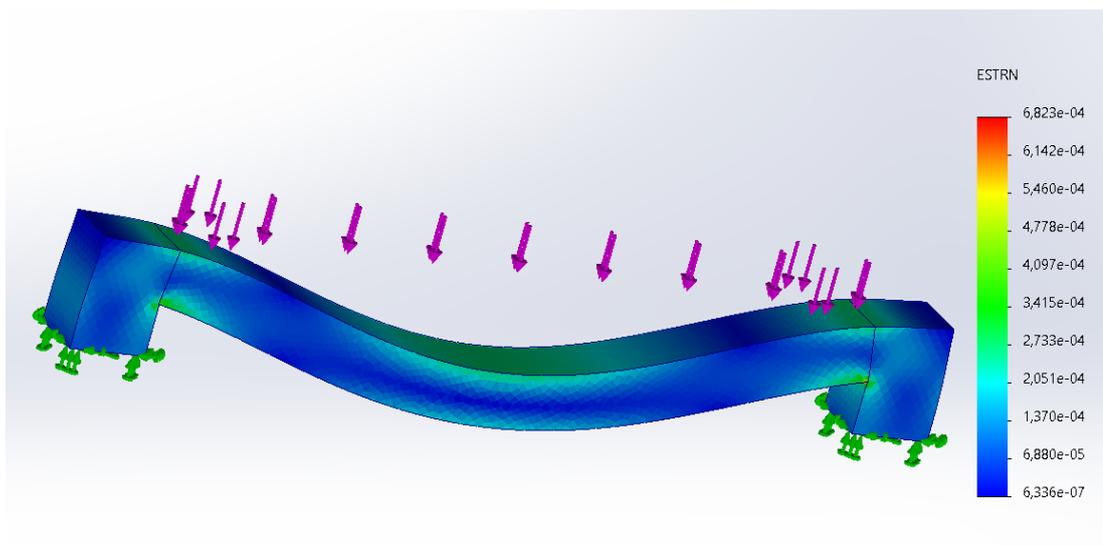
La técnica de simulación ayudó a representar las cargas a las que pueden ser sometidas las piezas del prototipo para predecir su comportamiento en la realidad. En este caso, se realizó la simulación de las diferentes piezas en diferentes procesos de la

fabricación del prototipo, cuto material se estableció como acero negro y fueron sometidas a cargas de hasta 450 N para observar su comportamiento.

### Simulación de pieza de la base del prototipo

La Figura 39 mostró el análisis estático realizado en la pieza de la estructura de la base del prototipo para determinar la fuerza a la que puede ser sometida y mostrar su deformación. Se aplicó una fuerza de 450 N en la viga principal de 66 cm de largo como se presenta en la figura 39, sin embargo, esta viga no se someterá a ninguna carga en la fabricación debido a que la estructura no estará sometida a ninguna fuerza o carga.

*Figura 39: Análisis estático de ensamble de pieza de estructura de la base del prototipo.*

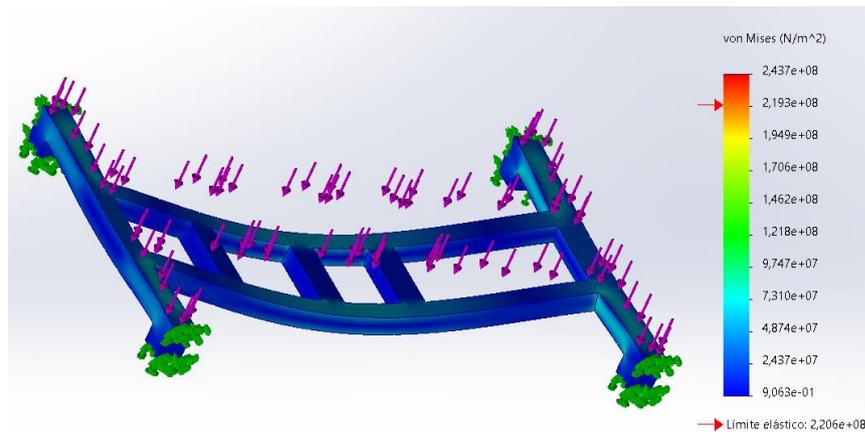


Nota: Elaborado por los autores, basado en el Software SolidWorks.

### Simulación de la base del prototipo

La Figura 40 muestra el análisis estático de la estructura de la base del prototipo para la verificación del punto crítico y evaluar su comportamiento frente a las cargas aplicadas. En este caso se aplicó una fuerza de 450 N debido a que el peso total del prototipo es alrededor de 100 lb, lo que equivale a 441,4 N respectivamente. Es importante mencionar que el peso no recae directamente en la estructura debido a que las vigas se encuentran soldadas directamente en la estructura en la abertura.

**Figura 40:** Análisis estático de la estructura de la base del prototipo

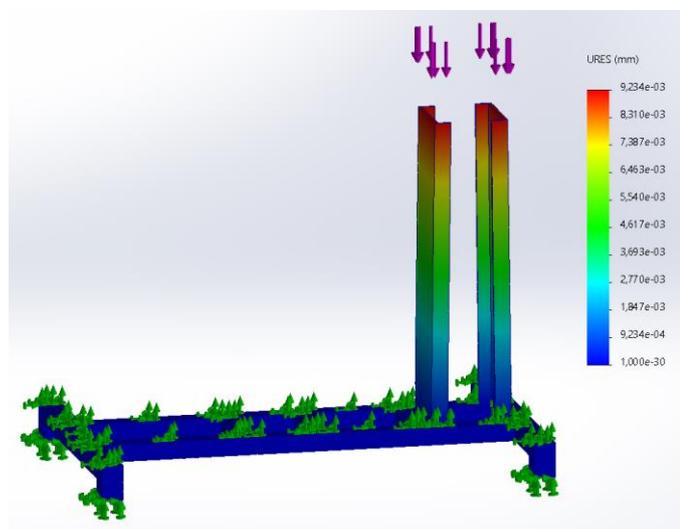


Nota: Elaborado por los autores mediante el Software SolidWorks.

### Simulación de las vigas verticales

Se aplicó el análisis estático para las vigas verticales soldadas a la base de la estructura mediante el diseño y simulación en el Software SolidWorks, es así que la Figura 41 mostró las sujeciones fijas (color verde) en la base debido a que no se aplica ninguna fuerza en la base, sin embargo, se aplicó en la vista superior y de manera vertical una fuerza de 450 N para determinar la tensión que se ejerce. Es así que se observó el resultado de la aplicación de la fuerza a las vigas, por lo que se comprimieron y se doblaron levemente con la aplicación de la fuerza, pero es importante mencionar que estas vigas soportarían una fuerza inferior a los 450 N.

**Figura 41:** Análisis estático de las vigas verticales soldadas a la base de la estructura

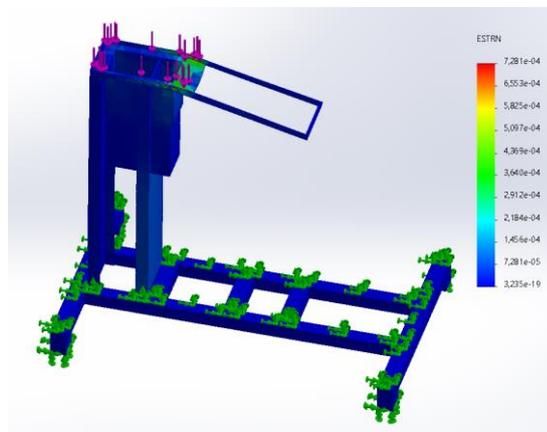


Nota: Elaborado por los autores en el Software SolidWorks.

## Simulación de la caja receptora de materia prima

En la Figura 42 puede observar el análisis estático de la estructura, donde se determinó la máxima deformación a la que puede ser sometida la pieza de la caja receptora de materia prima. Se observó un nivel de deformación considerable, sin embargo, la fuerza a la que fue sometida esta pieza fue de 450 N, lo que indica que no es la fuerza real a la que será sometida esta pieza debido a que solo soporta el peso de la tolva.

*Figura 42: Análisis estático de la caja receptora de materia prima.*

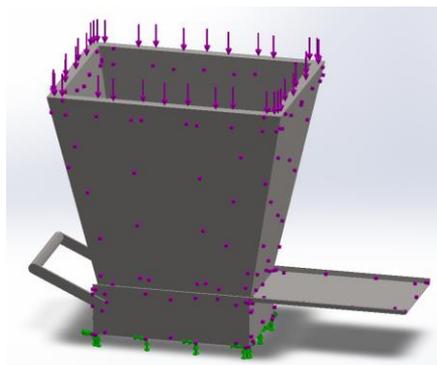


Nota: Elaborado por los autores en el Software SolidWorks.

## Simulación de la tolva del prototipo

En la Figura 43 se presentó el análisis estático de la tolva del prototipo, donde se aplicó una fuerza vertical de 45 N en la parte superior de la tolva, demostrando que no existe deformación. Esta pieza lleva la cantidad exacta de materia prima a la caja receptora para la realización de un ladrillo.

*Figura 43: Análisis estático de la tolva del prototipo.*

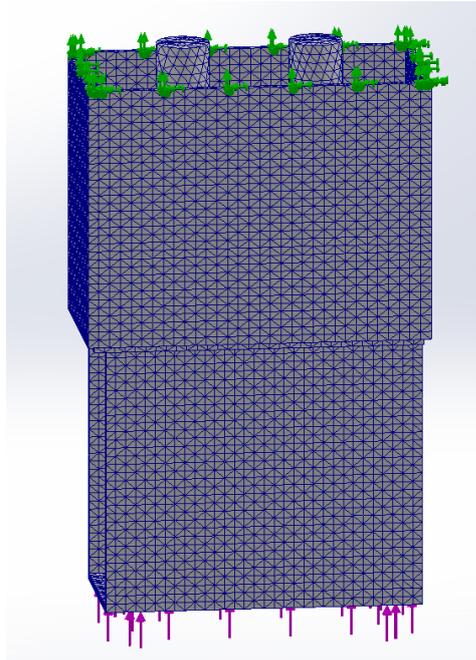


Nota: Elaborado por los autores en el Software SolidWorks.

### Simulación del sistema de compactación

En la Figura 44 se presentó la fuerza que ejercerá la gata hidráulica eléctrica de 12V la misma que realizará la operación de compactación de la materia prima para darle forma al ladrillo con las medidas anteriormente establecidas. Este procedimiento cumple la función de aplicar una fuerza para compactar la materia prima que se encuentra en la caja receptora de materia prima.

*Figura 44: Presión que ejerce la gata hidráulica eléctrica de 12V.*



Nota: Elaborado por los autores en el Software SolidWorks.

#### 3.1.4. Etapa 3: Selección de materiales

Para la fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos, fue importante la selección de materiales debido a que se debe asegurar la total funcionalidad de la máquina. Puesto que la máquina debe soportar las fuerzas significativas durante el proceso de compactación, fue fundamental la elección de componentes que ofrecieran una alta resistencia mecánica y durabilidad a largo plazo. En la Tabla 10 se presentó la lista de los materiales y componentes que se implementaron en el prototipo, de acuerdo con los conocimientos relacionados a la industria del plástico y la fabricación de ladrillos la cual se obtuvo en el capítulo I, se procede a la realización del prototipo.

**Tabla 10: Materiales para la fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos.**

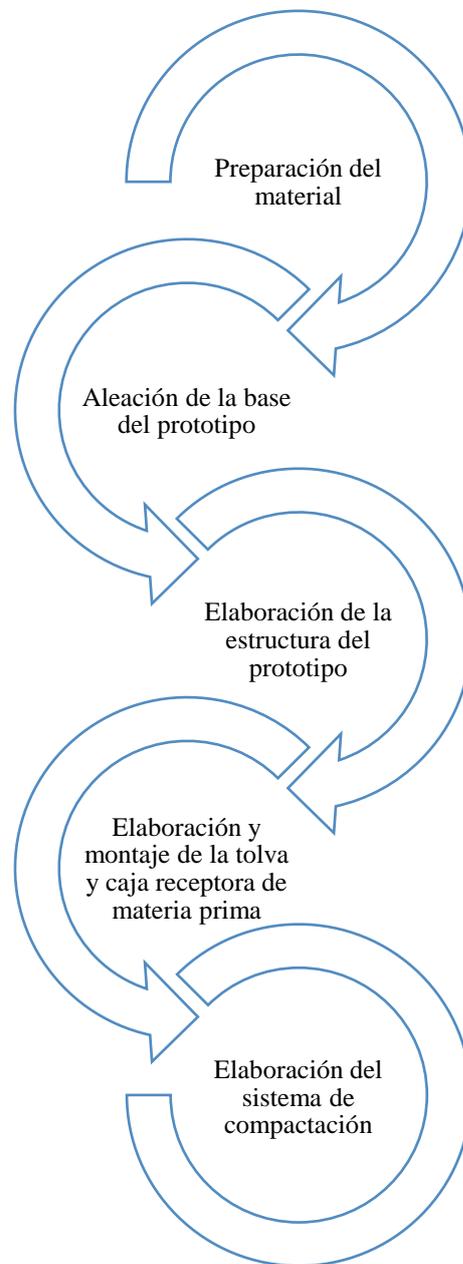
<b>Nombre comercial</b>	<b>Detalle</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>
Tubo cuadrado negro	Soporte para el prototipo	2*3 mm (50mm*3mm)	1 M
Tubo cuadrado negro	Soporte para el prototipo	2*3 mm (50mm*3mm)	3 M
Plancha negra nova C	Soporte para el prototipo	2mm (122*244cm)	1 U
Ángulo Nova	Pieza del prototipo	1 ½ * 3/16 (38*4mm)	1 U
Platina nova	Pieza del prototipo	1 ¼ * 3/6 (30*4mm)	1 U
Plancha de acero inoxidable mate	Soporte para el prototipo	¼ 6mm 1.22	1 O
Tubo rectangular negro nova	Soporte para el prototipo	2*1*2mm (50*25*2mm)	3 M
Disco Norton c/acero inoxidable	Herramienta de apoyo	4 ½ ""*1/16	3 U
Soldadura esab	Herramienta de apoyo	6011 1/8	3 L
Disco Norton c/acero inoxidable	Herramienta de apoyo	7""*1/16	3 U
Soldadura esab	Herramienta de apoyo	6011 1/8	3 L
Tubo cuadrado negro nova	Soporte para el prototipo	2*3 mm (50mm*3mm)	1 M
Disco Norton c/acero inoxidable	Herramienta de apoyo	7""*1/16	3 U
Disco Norton c/acero inoxidable	Herramienta de apoyo	4 ½ ""*1/16	3 U
Tubo cuadrado negro nova	Soporte para el prototipo	2*3 mm (50mm*3mm)	3 M
Tubo rectangular negro nova	Soporte para el prototipo	2*1*2mm (50*25*2mm)	3 M
Plancha negra nova C	Pieza del prototipo	2mm (122*244cm)	1 U
Ángulo Nova	Pieza del prototipo	1 ½ * 3/16 (38*4mm)	1 U
Platina nova	Pieza del prototipo	1 ¼ * 3/6 (30*4mm)	1 U
Placa de 20*20*1/4	Pieza del prototipo	(200*200*6mm)	4 U
Disco desbaste Norton	Herramienta de apoyo	4 ½*1/4*7/8	2 U
Gata hidráulica	Compactadora	Eléctrica 12 V	1 U

Nota: Elaborado por los autores.

### 3.1.5. Etapa 4: Fabricación

Para la fabricación del prototipo se siguieron los pasos presentados en la Figura 45:

**Figura 45:** *Proceso de fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos.*



Nota: Elaborado los autores.

**Preparación del material:** utilizando láminas de acero negro, se realizó el trazado y corte preciso de los materiales que formarán la estructura. Esta base se compone de un cuadro inferior con una unión de 4 tubos de 6cm x 7cm x 10cm en las esquinas para dar altura a la base. La Figura 46 presentó la preparación de los materiales previo a los cortes de esta.

*Figura 46: Preparación del material.*



Nota: Elaborado los autores.

**Aleación de la base del prototipo:** la unión de estos tubos se llevó a cabo mediante la soldadura, estableciendo así la base principal del prototipo como se muestra en la Figura 47 tal y como se presentó en la Etapa 1 en el diseño del prototipo en general. En este caso se realizó la fabricación de la base del prototipo. En la Figura 47 se puede observar la soldadura de la estructura de la base.

*Figura 47: Aleación de la base del prototipo.*



Nota: Elaborado los autores.

**Elaboración de la estructura del prototipo:** en este proceso se llevó a cabo la soldadura de las vigas verticales a la base como se muestra en la Figura 40. La estructura cumple la función de permitir montar la tolva, la caja receptora de materia prima y el sistema de compactación. La Figura 48 mostró el prototipo en la etapa de la soldadura de las vigas verticales que sirven de soporte para la tolva y el sistema de compactación.

*Figura 48: Elaboración de la estructura del prototipo.*



Nota: Elaborado los autores.

**Elaboración y montaje de la tolva y caja receptora de materia prima:** se ensamblaron los componentes diseñados mediante soldadura para la alineación de la caja receptora de materia prima con la tolva y la estructura. La caja receptora de materia prima consta con unas medidas de 20cm x 12,5cm x 7,5cm, mientras que la tolva posee medidas de 45cm x 45cm x 95cm. Se determinaron y marcaron los puntos de fijación entre la tolva y la caja de recepción de materia prima para que cumpla el proceso de deslizamiento y solo se ocupe el material necesario para una unidad como se muestra en la Figura 49.

**Figura 49:** Montaje de la tolva y caja receptora de materia prima.



Nota: Elaborado los autores.

**Elaboración del Sistema de compactación:** el sistema de compactación se realizó mediante la gata hidráulica eléctrica de 12V. La compactación es aquella variable que en este proceso requiere mayor atención debido a que de ésta depende el éxito del desarrollo del producto final.

Los puntos de solución del sistema de compactación para la elección del sistema fueron los siguientes:

- Fácil instalación y montaje.
- Presión constante.
- Menor costo de fabricación.
- Fácil manipulación para el operario.

**Figura 50:** *Elaboración del sistema de compactación.*



Nota: Elaborado los autores.

En la Figura 50 se mostró la fase de la elaboración del sistema de compactación en la cual se puede observar la toma de medidas de las vigas verticales para soldar la caja de compactación. Esta fase fue importante debido a que es crucial evitar compactar los ladrillos con poca resistencia. La compactación de ladrillos es importante debido a que permite obtener una mayor resistencia a la compresión y una mejor calidad.

### **3.1.6. Etapa 5: Pruebas finales**

Para las pruebas finales y funcionamiento del prototipo, fue necesario la selección de materiales a utilizar, en este caso polietileno de tereftalato (PET), el cual fue adquirido de una empresa dedicada al reciclaje y recolección propia, adquiriendo una cantidad total de 10 kg por cada material seleccionado. Se seleccionó el material debido a sus especificaciones como se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11:** *Especificaciones del PET.*

<b>Material</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Maleabilidad</b>	<b>Indicadores de retorno</b>
PET	Media	Media	Alto

Nota: Elaborado por los autores.

## Propiedades del polietileno de tereftalato

La Tabla 12 presentó las propiedades del polietileno de tereftalato (PET) con datos técnicos como se indica a continuación:

**Tabla 12: Propiedades del PET**

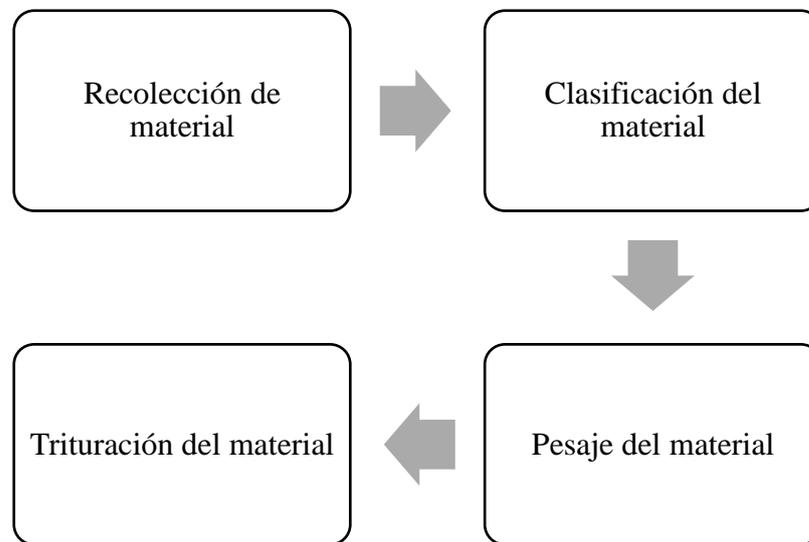
<b>Propiedades del polietileno de tereftalato</b>		
Propiedades mecánicas		
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	139
Resistencia a la tracción (rotura)	kg/cm <sup>2</sup>	900
Resistencia a la flexión	kg/cm <sup>2</sup>	1450
Alargamiento a la rotura	%	15
Módulo de elasticidad (tracción)	kg/cm <sup>2</sup>	37000
Resistencia al desgaste por roce		Muy buena
Propiedades térmicas		
Temperatura de fusión	°C	225
Conductividad térmica		Baja
Temperatura de deformabilidad por calor	°C	170
Temperatura de ablandamiento de Vicat	°C	175
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	mm por °C	0.00008
Propiedades eléctricas		
Absorción de humedad	%	0.25
Propiedades químicas		
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente		Buena
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente		Buena
Comportamiento a la combustión		Arde con mediana dificultad
Propagación de llama		Mantienen la llama
Comportamiento al quemado		Gotea

Nota: Elaborado por los autores, basado en Plásticos Mecanizables. IMC 2010

## Preparación de la materia prima

Así mismo se planteó adquirir el material reciclado en una distribuidora de materia prima de polietileno de tereftalato (PET) y la posibilidad de adquirirlo personalmente, de esta manera una vez identificada y obtenida la materia prima se procedió a la selección y limpieza de esta debido a que el proceso necesita que el polietileno de tereftalato (PET) esté liberado de cualquier impureza y grasa que pueda evitar que se adhiera al molde. Para el caso de la adquisición de la materia prima en una empresa no se contarán los procesos de su reciclaje.

*Figura 51: Proceso de preparación de materia prima.*



Nota: Elaborado por los autores.

## Arena

La arena se considera como agregado fino, debido a que este material debe ser inerte y libre de cualquier impureza orgánica para que afecten en la resistencia del molde en el caso del presente estudio de ladrillos ecológicos. El agregado fino debe estar graduado entre los límites fino y grueso, teniendo la granulometría adecuada (ASTM 33).

## Cemento

El cemento es el material que sirve para adherir las partículas de los agregados, lo cual logra la unión de los materiales pétreos que forman una masa consistente,

resistente y compacta. El tipo de cemento más usado en estos casos como aglomerante para la preparación del molde es el cemento Portland. Para la elaboración del ladrillo ecológico se ha utilizado el cemento Portland puzolánico tipo IP debido a que la calidad de este cemento deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C250 y cumplir con los requisitos de la norma INEN 152 y la NTE INEN 2548(32).

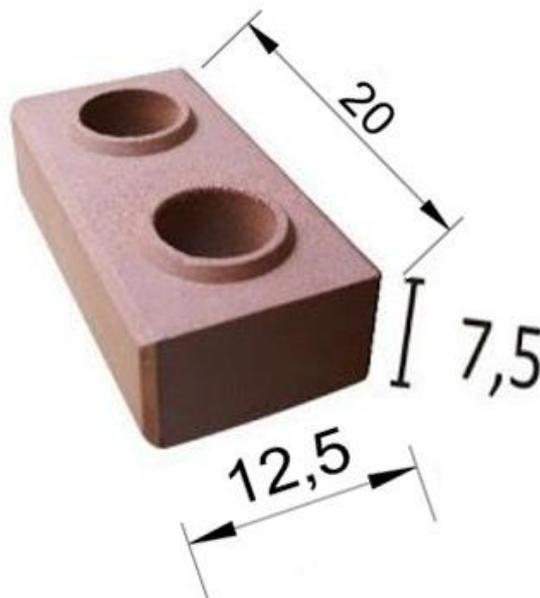
### **Arcilla**

La arcilla es un material sedimentario que se usa para fabricar ladrillos, y que se caracteriza por ser un silicato hidratado de alúmina. La arcilla se utiliza para hacer ladrillos a través de un proceso de cocción a altas temperaturas, que le da al material una serie de propiedades que lo hacen idóneo para la construcción, por lo tanto, se tomó en cuenta como parte de la materia prima para la elaboración de los ladrillos ecológicos.

### **Dimensiones del ladrillo**

En la Figura 52 se mostró las dimensiones del ladrillo siendo de 25 cm de largo, 12.5 de ancho y 7.5 de alto, estas longitudes están establecidas por defecto en el prototipo en el sistema de compactación de la materia prima.

*Figura 52: Dimensiones del ladrillo ecológico.*



Nota: Elaborado por los autores.

## Mezcla de la materia prima

La materia prima del ladrillo ecológico consta de los siguientes aditivos para su preparación, siendo la materia principal el Polietileno Tereftalato (PET), representando un 25% del ladrillo en general, añadiendo cemento, arena, arcilla y agua como aditivos del producto, tal como se muestra en la Tabla 13:

**Tabla 13:** Mezcla de la materia prima

Material	%
PET	25%
Cemento	15%
Arena	15%
Arcilla	35%
Agua	10%

Nota: Elaborado por los autores.

## Funcionamiento

Para el funcionamiento del prototipo y la elaboración de los ladrillos ecológicos, la gata hidráulica eléctrica de 12 V cumple la función de prensar y compactar la materia prima con las dimensiones anteriormente establecidas. La Figura 53 mostró el proceso de compactación de la materia prima.

**Figura 53:** Proceso de compactación de materia prima.



Nota: Elaborado por los autores.

## Tiempo promedio de compactación

Se realizaron 6 tratamientos en los cuales se determinó el tiempo promedio del proceso de compactación como se muestra en la Tabla 14:

*Tabla 14: Tiempo promedio de compactación de ladrillos.*

# De prueba	Tratamiento día 1	Tratamiento día 2	Tratamiento día 3	Tratamiento día 4	Tratamiento día 5	Tratamiento día 6
1	9	10	10	9	9	9
2	9	7	7	9	8	7
3	8	9	8	9	8	7
4	9	9	9	9	10	9
5	8	7	8	9	7	7
6	9	9	9	8	11	10
7	11	8	9	10	10	10
8	8	7	9	9	7	8

Nota: Elaborado por los autores.

El tiempo promedio para el tratamiento día 5, los cuales presentaron mejores características para la compactación de cada ladrillo fue de 8,75 segundos, redondeados a 9 segundos, puesto que los tratamientos con menor cantidad de segundos requirieron más tiempo de compactación y los que estuvieron expuestos a mayor tiempo de prensado requirieron menor cantidad de tiempo de compactación, por lo que fue necesario la determinación de un tiempo constante para cada tratamiento, en este caso resultó ser de 9 segundos.

Para la validación de los datos recolectados en a Tabla 14, se utilizó el Software IBM SPSS Statistics 25 para el cálculo del Alfa de Cronbach cuyos criterios se muestran de la siguiente manera:

- Alfa de Cronbach entre 0,7 y 0,9 es excelente.
- Alfa de Cronbach entre 0,4 y 0,6 es aceptable.
- Alfa de Cronbach < a 0,4 es inaceptable.

En la Tabla 15 se estableció la valoración de procesamiento de datos de la información recolectada resultando excelente según el cálculo realizado en SPSS (Ver Anexo 3):

**Tabla 15:** Valoración de procesamiento de datos.

		N	%
	Válido	8	100%
Casos	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	8	100%

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento

Nota: Elaborado por los autores basado en el Software IBM SPSS Statistics.

Así mismo se realizó el procesamiento de casos como se mostró en la tabla 16, el cual presentó un Alfa de Cronbach de 0.820.

**Tabla 16:** Confiabilidad de Alfa de Cronbach.

Alfa de Cronbach	Nº de elementos
0,820	6

Nota: Elaborado por los autores.

### **Tiempo constante de extracción del producto**

La gata hidráulica también forma parte del sistema de extracción del producto como se presenta en la Figura 54, ejerciendo una elevación de la caja del sistema de compactación para poder extraer el producto de manera óptima. El tiempo constante para la extracción de cada ladrillo fue de 25 segundos aproximadamente luego del proceso de compactación o prensado.

**Figura 54:** Sistema de extracción del producto.



Nota: Elaborado por los autores.

**Figura 55:** *Extracción del producto*



Nota: Elaborado por los autores.

La Figura 55 presentó el producto extraído el cual debe ser manipulado cuidadosamente para el proceso de secado. El proceso de curado toma 24 horas para mayor seguridad.

Por otro lado, la Figura 56 muestra el ladrillo compactado con las dimensiones anteriormente establecidas, siendo un ladrillo ecológico con 25% de PET.

**Figura 56:** *Proceso de secado del producto.*



Nota: Elaborado por los autores.

## Resumen de tratamientos

Finalmente, la Tabla 17 mostró el resumen de las características visuales de los tratamientos realizados. El valor 1 corresponde a inaceptable; el valor 2 deficiente; 3 regular; 4 aceptable, y 5 eficiente.

*Tabla 17: Valoración de las características visuales finales del producto.*

Tratamiento	Superficie		Apariencia estética	Total	%
	Lisa y homogénea	Dureza			
1	4	4	5	13	17,57
2	3	3	4	10	13,51
3	3	5	4	12	16,22
4	4	4	5	13	17,57
5	5	4	5	14	18,92
6	3	5	4	12	16,22
<b>TOTAL</b>				74	100

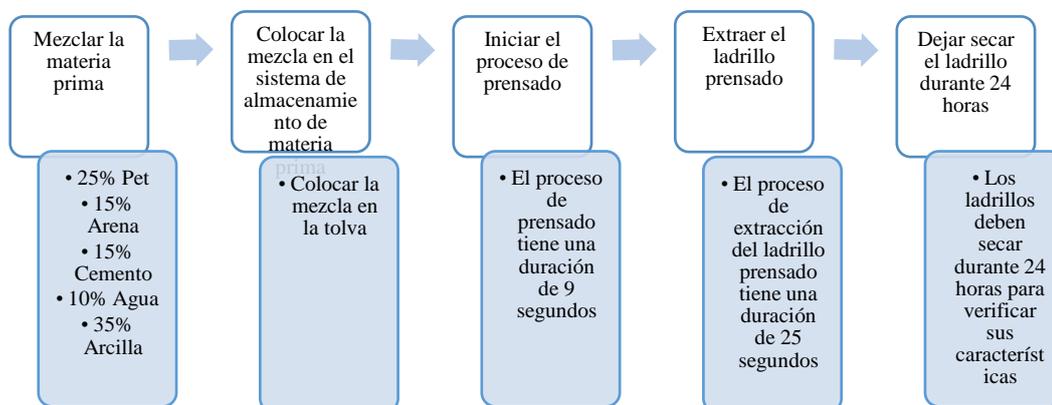
Nota: Elaborado por los autores.

Analizando las valoraciones presentadas en la Tabla 17, se demostró que el tratamiento 5 presentó la mayor valoración de las pruebas con un 18,92% de eficiencia respecto a los demás tratamientos, lo que sugiere que se tomen en cuenta principalmente los parámetros utilizados en el tratamiento 5 para obtener mejores resultados en las futuras pruebas, siendo el tiempo de compactación de 9 segundos.

La Figura 57 presentó el proceso de producción de ladrillos, iniciando desde la mezcla de la materia prima hasta la verificación de las características finales.

- Mezclar la materia prima
- Colocar la mezcla en el sistema de almacenamiento de materia prima
- Iniciar el proceso de prensado
- Extraer el ladrillo prensado
- Dejar secar el ladrillo durante 24 horas

**Figura 57: Proceso de producción de ladrillos.**



Nota: Elaborado por los autores.

### Diagrama de análisis de procesos de producción de ladrillos

La Tabla 18 presentó el diagrama de análisis de procesos para la producción de los ladrillos ecológicos, iniciando desde el almacenamiento temporal de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado. Las actividades se calcularon en segundos a excepción del proceso de secado que se excluyó del diagrama debido a que tiene una duración de 24 horas. El tiempo total de la producción de ladrillos sin incluir el proceso de secado es de 394 segundos son un recorrido total de 16 metros.

**Tabla 18: Diagrama de análisis de procesos para la producción de ladrillos.**

Diagrama de análisis de procesos										
Diagrama # 001				Resumen						
Actividad: PRODUCCIÓN DE LADRILLOS				Actividad		Tiempo (segundos)				
				Operación		○	4			
				Inspección		□	1			
Transporte		⇒	4							
Producto: LADRILLOS ECOLÓGICOS				Demora		D	0			
				Almacenamiento		▽	2			
				Distancia (m)			16			
Método: Actual X				Tiempo (segundos)		394				
Elaborado por: Kenny Tigreiro – Pedro Reyes				Totales						
Fecha:				Tiempo (seg)	Símbolo					Observaciones
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	○		□	⇒	D	▽		
1	Almacenamiento temporal de materia prima			0						

2	Trasladar la materia prima al área de mezcla		3	15						Variación en los tiempos
3	Mezcla de materiales			180						Variación en los tiempos
4	Trasladar la mezcla a la tolva		2	10						
5	Colocar la mezcla en la caja de almacenamiento de materia prima			5						
6	Iniciar proceso de prensado			9						Tiempo constante para cada ladrillo
7	Extracción del ladrillo prensado			25						
8	Traslado al área de secado		5	15						El proceso de secado dura 24 horas
9	Inspección			120						
10	Traslado de ladrillos al área de almacenamiento		6	15						
11	Almacenamiento de producto terminado			0						
<b>TOTAL</b>			16	394	4	1	4	0	2	

Nota: Elaborado por los autores.

Es importante mencionar que el tiempo del proceso de prensado varía debido a que depende de la cantidad de ladrillos que se vayan a prensar.

### Cronograma de mantenimiento del prototipo

La Tabla 19 presentó el cronograma de mantenimiento del prototipo con la finalidad de utilizarlo de manera más eficiente y evitar errores en la producción de los ladrillos.

**Tabla 19:** Cronograma de mantenimiento del prototipo

Actividades	Fechas					
	01/12/24	10/12/24	15/12/24	20/12/24	25/12/24	30/12/24
<b>Inspección general</b>						
<b>Limpieza</b>						
<b>Lubricación</b>						
<b>Verificación de piezas soldadas</b>						

<b>Cambio de piezas</b>						
<b>Reparar piezas</b>						
<b>Identificación y reporte de errores y problemas comunes</b>						

Nota: Elaborado por los autores.

### 3.1.7. Presupuesto del prototipo

Mediante la Tabla 20 se determinó el presupuesto en el cual se detallan los costos de cada uno de los componentes utilizados para la fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos, el mismo que fomentará la construcción sostenible.

*Tabla 20: Presupuesto de fabricación del prototipo.*

<b>Nombre comercial</b>	<b>Detalle</b>	<b>Referencia</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Tubo cuadrado negro	Soporte para el prototipo	2*3 mm (50mm*3mm)	\$33.95	1 M	\$33.95
Tubo cuadrado negro	Soporte para el prototipo	2*3 mm (50mm*3mm)	\$5.93	3 M	\$17.79
Plancha negra nova C	Soporte para el prototipo	2mm (122*244cm)	\$41.73	1 U	\$41.73
Ángulo Nova	Pieza del prototipo	1 ½ * 3/16 (38*4mm)	\$15.30	1 U	\$15.30
Platina nova	Pieza del prototipo	1 ¼ * 3/6 (30*4mm)	\$7.56	1 U	\$7.56
Plancha de acero inox mate	Soporte para el prototipo	¼ 6mm 1.22	\$69.56	1 O	\$69.56
Tubo rectangular negro nova	Soporte para el prototipo	2*1*2mm (50*25*2mm)	\$2.82	3 M	\$8.46
Disco Norton c/acero inox	Herramienta de apoyo	4 ½ ""*1/16	\$1.26	3 U	\$3.78
Soldadura esab	Herramienta de apoyo	6011 1/8	\$1.60	3 L	\$4.80
Disco Norton c/acero inox	Herramienta de apoyo	7""*1/16	\$1.65	3 U	\$4.95
Soldadura esab	Herramienta de apoyo	6011 1/8	\$1.61	3 L	\$4.83
Tubo cuadrado negro nova	Soporte para el prototipo	2*3 mm (50mm*3mm)	\$5.94	1 M	\$17.82

Disco Norton c/acero inox	Herramienta de apoyo	7''*1/16	\$1.65	3 U	\$4.95
Disco Norton c/acero inox	Herramienta de apoyo	4 ½ ''*1/16	\$1.26	3 U	\$3.78
Tubo cuadrado negro nova	Soporte para el prototipo	2*3 mm (50mm*3mm)	\$5.94	3 M	\$17.82
Tubo rectangular negro nova	Soporte para el prototipo	2*1*2mm (50*25*2mm)	\$2.83	3 M	\$8.49
Plancha negra nova C	Pieza del prototipo	2mm (122*244cm)	\$41.74	1 U	\$41.74
Ángulo Nova	Pieza del prototipo	1 ½ * 3/16 (38*4mm)	\$15.34	1 U	\$15.34
Platina nova	Pieza del prototipo	1 ¼ * 3/6 (30*4mm)	\$7.57	1 U	\$7.57
Placa de 20*20*1/4	Pieza del prototipo	(200*200*6mm)	\$4.50	4 U	\$18
Disco desbaste Norton	Herramienta de apoyo	4 ½ *1/4*7/8	\$1.70	2 U	\$3.40
Gata hidráulica	Prensadora	Eléctrica 12 V	\$85.50	1 U	\$85.50
<b>Subtotal</b>			<b>\$437.12</b>		
<b>10% de imprevistos</b>			<b>\$43,71</b>		
<b>15% de reajuste</b>			<b>\$65,56</b>		
<b>TOTAL</b>			<b>\$546,39</b>		
<b>Costo con inversión de materia prima para elaboración de ladrillos</b>			<b>\$4070,4</b>		

Nota: Elaborado por los autores.

La Tabla 20 presentó el presupuesto necesario para la fabricación del prototipo, siendo necesario una inversión inicial de \$437,12 destinados a la adquisición de materiales para su elaboración. Se evitó el costo de mano de obra y montaje debido a que los autores del presente trabajo llevaron a cabo dichas tareas. Así mismo se tomó en cuenta el 10% de la inversión inicial por la presentación de imprevistos y el 15% de reajuste, teniendo como un presupuesto total de \$546,39 para la fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos.

En este sentido, se llevaron a cabo los cálculos financieros, donde se incluyó el VAN (Valor actual neto), TIR (Tasa interna de retorno) y PR (Periodo de recuperación) para evaluar la viabilidad del trabajo de investigación con relación al

presupuesto. Se presentó un desglose detallado de las métricas financieras mencionadas para facilitar la evaluación. Sin embargo, primero fue necesario calcular los ingresos mensuales de la producción de ladrillos ecológicos como se muestra a continuación:

$$PVP \text{ ladrillo ecológico} = \$0,30$$

Una unidad de ladrillo tiene un precio de venta al público de \$0,30 cuyo tiempo de fabricación es de 34 segundos (9 segundos de prensado y 25 de extracción). La cantidad de ladrillos realizados en una hora se calcularon de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de ladrillos producidos en una hora} = \frac{3600}{34} = 105,88 \approx 106 \text{ ladrillos}$$

Se prensan 106 ladrillos en una hora, por lo tanto, en una jornada laboral de 8 horas se fabricarían 848 ladrillos.

$$\text{Producción diaria de ladrillos} = 106 * 8 = 848 \text{ ladrillos}$$

Se tomó en cuenta que el prototipo se someterá a mantenimiento establecidos en el cronograma de la Tabla 19, por lo tanto, no habrá producción en 6 de los 30 días del mes.

$$\text{Producción semanal de ladrillos} = 848 * 6 = 5088 \text{ ladrillos}$$

$$\text{Producción mensual de ladrillos} = 848 * 24 = 20352 \text{ ladrillos}$$

Al mes de producirán 20352 ladrillos ecológicos con un valor unitario de \$0.30, por lo que los ingresos mensuales de la venta de ladrillos serían de \$6105,6, y los ingresos semanales de \$1.526,4. Es importante mencionar que el costo de producción de cada ladrillo es de \$0.20.

$$\text{Costo mensual} = 20352 * 0,2 = \$4070,4$$

$$\text{Ingreso neto mensual} = \$6105,6 - \$4070,4 = \$2035,2$$

El ingreso neto mensual de la venta de ladrillos sería de \$2035,2 de esta manera se procede al cálculo del flujo de fondo como se mostró en la Tabla 21.

**Tabla 21:** Cálculo de flujo de fondo.

Cálculo de flujo de fondo						
Periodo	0	1	2	3	4	5
Flujo de fondo	\$-4.616,79	\$2.035,20	\$2.035,20	\$2.035,20	\$2.035,20	\$2.035,20
Saldo actual de 10%	\$-4.616,79	\$1.850,18	\$1.681,98	\$1.529,08	\$1.390,07	\$1.263,70
Saldo acumulado	\$-4.616,79	\$-2.766,61	\$-1.084,62	\$444,45	\$1.834,52	\$3.098,22

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$$Tasa (\%) = Valor \text{ por definición}$$

$$Tasa (\%) = 10\%$$

$$VNA (\$) = VNA(\text{Interes; flujo de caja}) + \text{desembolso inicial}$$

$$VNA (\$) = \$7715,01$$

$$VAN (\$) = \text{Beneficio Neto Actualizado} + \text{Inversion inicial}$$

$$VAN (\$) = \$3098,22$$

$$TIR (\%) = 34\%$$

$$PR (t) = \frac{\text{Inversion inicial}}{\text{flujo de efectivo por periodo}}$$

$$PR (t) = \text{año anterior de recuperacion} + \frac{\text{Inversion}}{\text{Ingreso año de recuperacion}}$$

$$PR (t) = 2,68$$

$$PR (t) = 2 \text{ meses y } 2 \text{ semanas}$$

El valor neto actual (VNA) de \$7715,01 indicó que la inversión inicial del prototipo se recupera, incluso considerando una tasa de descuento del 10%. Por otro lado, al aplicar una tasa de retorno del 34%, se observó un aumento en comparación con la tasa de descuento, sugiriendo que la Tasa interna de retorno excede la tasa esperada. Finalmente, el periodo de recuperación de la inversión se calculó en los 2 meses y 2 semanas, demostrando que el trabajo de investigación logra recuperar la inversión inicial antes de los 3 primeros meses.

### **3.1.8. Discusión**

El análisis bibliométrico permitió conocer las metodologías, técnicas e instrumentos para la fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos puesto que se hallaron diversos estudios relacionados al tema de estudio. Estos estudios mostraron el procedimiento metodológico a seguir, así como la presentación de resultados. El análisis bibliométrico permitió evaluar retrospectivamente cómo se ha logrado la generación del conocimiento y la forma en la que se ha dado a conocer un tema determinado, así mismo también permitió analizar las distintas áreas de estudio, los autores más productivos, líneas de investigación, etc.

Gracias a las metodologías extraídas en el análisis bibliométrico, se estableció un procedimiento metodológico que permitió la conceptualización de los datos con un enfoque cuantitativo de diseño experimental puesto a que se puso a prueba la existencia del acontecimiento relacionado con la variable independiente mediante un diseño preliminar.

El diseño de un prototipo para ladrillos ecológicos es importante para minimizar el impacto ambiental que genera la fabricación de ladrillos tradicionales, siendo un impacto negativo en el aire, suelo y la salud humana, debido a que durante la cocción de estos ladrillos se liberan gases de efecto invernadero, gases acidificantes, dióxidos, monóxidos de carbono, hidrocarburos y partículas de origen orgánico.

En este sentido, fue necesario la realización de un amplio marco teórico para determinar las metodologías, técnicas e instrumentos utilizados por otros autores en base al tema de estudio para el diseño de un prototipo para ladrillos ecológicos con el objetivo de realizar un análisis profundo de los antecedentes relacionados al tema de estudio. El análisis bibliométrico permitió extraer información de los autores, países y revistas que aportaron más información referente al tema de estudio y permitió determinar la metodología que se aplicó en el estudio.

El procedimiento metodológico establecido en la sección 2.3. del capítulo II se basó en una serie de etapas para el diseño y fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos, siendo un diseño de tipo experimental, lo que permitió realizar pruebas y simulaciones del prototipo antes de su fabricación.

Los resultados mostraron que las piezas diseñadas de acero negro pueden ser sometidas a una carga de 450 N demostrando su máximo nivel de deformación. El software AutoCAD se utilizó para el diseño de la estructura del prototipo mientras que el Software SolidWorks permitió simular cada pieza de la estructura del prototipo para iniciar su fabricación. Luego de la fabricación del prototipo, se realizaron 10 tratamientos, determinando que el tratamiento 5 presentó mejores características, teniendo un tiempo de compactación de 9 segundos y 25 segundos en extracción del producto.

El Software AutoCAD permitió diseñar el prototipo gracias a que es una herramienta que presenta múltiples ventajas como la precisión, eficiencia, integración, versatilidad, dimensionamiento de objetos, etc., proporcionando una amplia biblioteca con miles de características y objetos de construcción que fueron de vital importancia para el diseño final del prototipo para ladrillos ecológicos. Se diseñaron las piezas por partes individuales antes de su ensamblaje final para su análisis estático en el Software SolidWorks.

El Software SolidWorks permitió realizar el análisis estático de las piezas individuales antes de su ensamblaje final para simular la carga máxima a la que pueden estar sometidas cada pieza. El análisis estático lineal calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción bajo el efecto de las cargas aplicadas, en este caso una carga de 450 N.

## IV. CONCLUSIONES

El vacío del conocimiento referente al tema de estudio se enmendó a través del proceso de la revisión de la literatura puesto que es una fase fundamental en el presente trabajo de investigación. El método utilizado para la revisión de la literatura fue el análisis bibliométrico gracias a que es una herramienta que permitió evaluar la actividad e impacto de la investigación en fuentes confiables, así mismo como determinar los países con mayor aportación científica en bade al tema de estudio, los autores más productivos, años de tendencia, metodologías y líneas de investigación para representarlas mediante un diagrama de red bibliométrico.

El marco metodológico cumplió la finalidad de sintetizar los aspectos clave del enfoque y los procedimientos que guiaron el estudio para el proceso de diseño y fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos, el cuál consistió en seguir un procedimiento del ciclo de diseño y simulación hasta la fabricación mediante el seguimiento de la metodología, técnicas y herramientas extraídas de los artículos seleccionados en el análisis bibliométrico. El procedimiento metodológico fue crucial en la investigación debido a que presentó una estructura ordenada y detalladas del proceso a seguir para el diseño y fabricación del prototipo para ladrillos ecológicos.

Mediante la utilización del Software AutoCAD se diseñaron los componentes de la estructura del prototipo para su posterior simulación individual en el Software SolidWorks antes de su fabricación, el cual permitió realizar el análisis estático de cada pieza, determinando que pueden soportar cargas de hasta 450 N. Posteriormente se efectuó la fabricación del prototipo, mediante el diseño de las partes de la estructura de la máquina, aplicando los métodos de simulación para determinar la deformación máxima a la que puede ser sometida cada pieza del prototipo. Así mismo se realizaron 10 tratamientos de ladrillos para determinar el funcionamiento del prototipo, determinando que el tratamiento 5 presentó una mayor eficiencia.

## V. RECOMENDACIONES

Se recomienda explorar más a fondo la revisión bibliográfica, siendo de gran utilidad la extracción de información de 50 artículos para obtener una mayor información en base a las metodologías, técnicas e instrumentos que utilizaron los distintos autores en base a la realización de prototipos para ladrillos ecológicos y los análisis de simulación.

Se recomienda tener en cuenta el alcance del estudio para un mejor desarrollo en base a la metodología, técnicas e instrumentos que se deben ejecutar, de esta manera, obtener una mejora en el proceso de construcción del prototipo y la fabricación de los ladrillos ecológicos.

Es importante relacionar el estudio con el mercado, debido que este producto innovador llama la atención debido a que los ladrillos ecológicos están cerca de reemplazar a los ladrillos tradicionales, siendo indispensable la utilización de más materias primas que puedan ser recicladas como el vidrio, papel, cartón y entre otros residuos inorgánicos.

Se recomienda continuar con la mejora del diseño del prototipo, con la finalidad de reducir los tiempos de prensado del ladrillo y aumentar la capacidad de producción diaria. Así mismo se recomienda diseñar la estructura para soportar cargas mayores a 450N mediante la utilización del Software SolidWorks para la simulación de las mayores cargas a las que podría estar expuestas.

Se recomienda llevar a cabo más estudios en base a la fabricación de prototipos para la realización de materiales de construcción sostenibles debido a que estos productos cumplen con las características físicas y mecánicas que las de un producto tradicional, siendo una mejor opción amigable con el medio ambiente y dando paso a las construcciones sostenibles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceves Gutiérrez, H., Mercado Ibarra, S. M., López Chávez, O., & Arévalo Razo, J. L. (2021). Procesos de construcción, emisión de dióxido de carbono y resultados socio-económicos durante la pandemia del covid-19 en México. *Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 23(2), 485–502. <https://doi.org/10.36390/telos232.17>
- Acosta-Suasnabar, E. H., Vallejos-Durand, F. J., Lazarte-Silvera, E. R., Orrego-Cumpa, R., Esteves-Saldaña, T., & Benites-Alfaro, E. (2023). Ferrous and Polyethylene Terephthalate Waste in the Production of Ecological Bricks: Characterization. *Chemical Engineering Transactions*, 101(June), 205–210. <https://doi.org/10.3303/CET23101035>
- Akanyeti, I., Damdelen, O., & Anvarov, A. (2020). Geo-polymerization technique for brick production from coal ash and cigarette butts. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(6), 12855–12868. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.09.026>
- Alarcón-Ramírez, V. M., & Burgos-Álava, Á. A. (2022). *Prototipo de ladrillo tradicional con cascarilla de arroz y tusa de maíz reciclados para obras civiles*. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5344>
- Álvarez-Calixto, E., Rincón-Carreño, K., & Roperro-Duran, Y. (2020). El impacto ambiental de la gestión de las constructoras. *Formación Estratégica*, 1(01), 82–92. <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/14>
- Andreia Artíficie, J. S., & Jiménez Castro, H. P. (2018). Metodología de evaluación de prototipo innovador. *Acacia.*, 1–25. <https://acacia.red/wp-content/uploads/2019/07/Guía-Metodología-de-evaluación-de-prototipo-innovador.pdf>
- Antico, F. C., Wiener, M. J., Araya-Letelier, G., & Retamal, R. G. (2018). Eco-bricks: A sustainable substitute for construction materials. *Revista de La Construcción*, 16(3), 518–526. <https://doi.org/10.7764/RDLC.16.3.518>
- Arguedas, J., & Eyzaguirre, C. (2024). Análisis de la viabilidad técnica de ladrillos ecológicos a base de plástico PET y vidrio de botellas para la reducción de la contaminación por residuos sólidos en una metrópoli. *Web de Conferencias de E3S*, 514. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451402001>
- Bonet-Martínez, E., Pérez-Villarejo, L., Eliche-Quesada, D., & Castro, E. (2019). Manufacture of sustainable clay bricks using waste from secondary aluminum

- recycling as raw material. *Materials*, 11(12).  
<https://doi.org/10.3390/ma11122439>
- Calle-Mollo, S. E. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1865–1879.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7016](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7016)
- Campoverde-Bustos, F. M., Nieto-Cárdenas, X., & Takeuchi, C. P. (2023). Análisis de ladrillos ecológicos fabricados con suelo limo-arenoso, cemento, viruta y papel, en base a resistencia, costo y deformación. *Project Design and Management*, 2. <https://doi.org/10.35992/pdm.mo2023.1842>
- Cárdenas-Mimendi, S., & Hernández-Medina, E. (2021). El prototipo en la investigación a través del diseño. *I+Diseño. Revista Científico-Académica Internacional de Innovación, Investigación y Desarrollo En Diseño*, 16, 85–106.  
<https://doi.org/10.24310/idisenio.2021.v16i.11316>
- Castañeda-Mota, M. M. (2022). La científicidad de metodologías cuantitativa, cualitativa y emergentes. *Revista Digital de Investigación En Docencia Universitaria*, 16(1), 4–6. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v16n1/2223-2516-ridu-16-01-e1555.pdf>
- Chaparro-Martínez, E., Álvarez-Muñoz, P., & Armas-Regnaut, M. (2018). Gestión de la información: Uso de las bases de datos scopus y web of science con fines académicos. *UNEMI*.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-48212016000400003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212016000400003)
- Cisneros-Caicedo, A. J., Guevara-García, A. F., Urdánigo-Cedeño, J. J., & Garcés-Bravo, J. E. (2022). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que Apoyan a la Investigación Científica en Tiempo de Pandemia. *Dominio de Las Ciencias*, 8(1), 1165–1185. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i1.2546>
- Coronel-Carvajal, C. (2023). Las variables y su operacionalización. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 27(1), 1–8. <https://orcid.org/0000-0003-4318-8640http://revistaamc.sld.cu/>
- Corzo-Domínguez, C. E., Flores-Martínez, N. V., & Pérez-Román, I. (2022). El estado del arte, ¿Necesidad o necesidad? *Opción*, 38, 139–153.  
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.7498634>
- Da-Costa Gonçalves, L. F., Tino-Balestra, C. E., & Ramirez Gil, M. A. (2023). Evaluation of mechanical, physical and chemical properties of ecological

- modular soil-alkali activated bricks without Portland cement. *Environmental Development*, 48, 100932. <https://doi.org/10.1016/J.ENVDEV.2023.100932>
- Ebrahim, Z., Mastali, M., & Maguire, M. (2023). Toward sustainable lightweight durable bricks using alkali-activated hemp-based materials. *Construction and Building Materials*, 369, 130609. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.130609>
- Fermín-Mori, J. R., Julcamoro-Cruz, P. A., Martínez-Párraga, D. W. G., & Saccatoma-Luque, J. C. (2018). Prototipo de eco ladrillo para la construcción de viviendas ecológicas en zonas de escasos recursos económicos, villa María del Triunfo, 2018. *Repositorio Institucional - UCV*, 140. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31137>
- Flores, P. (2021). La construcción sostenible en Latinoamérica. *Limaq*, 007, 161–173. <https://doi.org/10.26439/limaq2021.n007.5183>
- Franca-Gomes, A. C., Moura-Cordeiro, C. C., Apolonio-Callejas, I. J., & Ferreira-Rocha, S. D. (2022). Thermal characterization of soil-cement bricks using mining tailings. *REM - International Engineering Journal.*, 75(1), 19–26. <https://doi.org/10.1590/0370-44672021750025>
- Freire-Sabino, T. P., Freire-Coelho, N. P., Andrade, N. C., Oliveira-Metzker, S. L., Santos-Viana, Q., Farinassi-Mendes, J., & Farinassi-Mendes, R. (2022). Lignocellulosic materials as soil–cement brick reinforcement. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(15), 21769–21788. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-17351-3/METRICS>
- Fugazzotto, M., Cultrone, G., Mazzoleni, P., & Barone, G. (2023). Suitability of ceramic industrial waste recycling by alkaline activation for use as construction and restoration materials. *Ceramics International*, 49(6), 9465–9478. <https://doi.org/10.1016/J.CERAMINT.2022.11.111>
- Gareca-Apaza, M. L., Andrade, M., Pool, D., & Barrón, F. (2020). Nuevo Material Sustentable: Ladrillos Ecológicos a Base De Residuos Inorgánicos. *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18(21), 25–61. <https://doi.org/10.56469/rcti.v18i21.366>
- Gavali, H. R., Bras, A., Faria, P., & Ralegaonkar, R. V. (2019). Desarrollo de ladrillos sostenibles activados con álcali a partir de residuos industriales. *Construcción y Materiales de Construcción*, 215, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.152>

- González-Nevarez, L. A., & Rodríguez-Ricardo, R. R. (2022). *Análisis comparativo de la factibilidad económica para la construcción de una vivienda usando bloques con agregados de plástico reciclado, bloques Pómez 9 y Victoria 9*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8638>
- Govindan, B., & Kumarasamy, V. (2023). Sustainable utilization of incinerated paper mill sludge ash for the manufacture of building bricks. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(8), 2655–2673. <https://doi.org/10.1007/S10098-023-02515-1/METRICS>
- Gregorio-Chaviano, O., López-Mesa, E. K., & Limaymanta, C. H. (2021). Web of Science como herramienta de investigación y apoyo a la actividad científica: luces y sombras de sus colecciones, productos e indicadores. *E-Ciencias de La Información*, 12. <https://doi.org/10.15517/eci.v12i1.46660>
- Guerrero-Velástegui, C. A., Infante-Paredes, R. E., Peñaherrera-Zambrano, S. X., & Herrera-Herrera, J. B. (2024). A bibliometric analysis of literature trends in content marketing and content managers. *Sapienza*, 5(2), 1–11. <https://doi.org/10.51798/sijis.v5i2.734>
- Guevara-Alban, G., Verdesoto-Arguello, A., & Castro-Molina, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 3, 163–173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Huilcarema-Sánchez, J. I., & Troya-Escudero, F. I. (2022). *Prototipo de ladrillo ecológico con fibras del bagazo de la caña de azúcar y arcilla para mampostería*. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5242>
- Jamshaid, H., Shah, A., Shoaib, M., & Mishra, R. K. (2024). Recycled-Textile-Waste-Based Sustainable Bricks: A Mechanical, Thermal, and Qualitative Life Cycle Overview. *Sustainability (Switzerland)*, 16(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su16104036>
- Kassim, U., Shuaib, N. A., Nasir, Z., Sulaiman, I., & Razak, S. M. (2021). Sustainable brick plastic recycle. *AIP Conference Proceedings*, 2347. <https://doi.org/10.1063/5.0054269>
- Khokhar, S. A., Khan, A., Siddique, A., Khushnood, R. A., & Malik, U. J. (2023). A predictive mimicker for mechanical properties of eco-efficient and sustainable bricks incorporating waste glass using machine learning. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02424. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02424>

- Kumar, S., Zhao, M., Zhang, H., Rahman, M. A., Luo, C., & Rahman, M. M. (2021). Distribution, contamination status and source of trace elements in the soil around brick kilns. *Chemosphere*, 263, 127882. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.127882>
- Leiva-Deantonio, D. E., & Reyes-Roncancio, J. D. (2019). Ladrillos Ecológicos: Una Estrategia Didáctica. *Sevilla, X Congreso*, 6, 5–8. <https://www.youtube.com/watch?v=iiKT1Q47f18>,
- Leyva-Haza, J., & Guerra-Véliz, Y. (2020). Objeto de investigación y campo de acción: componentes del diseño de una investigación científica. *Edumecentro*, 12(3), 241–260. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2077-28742020000300241&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2077-28742020000300241&script=sci_arttext)
- Lima Oliveira-Metzker, S., Freire-Sabino, T. P., Farinassi-Mendes, J., Cornélio-Ribeiro, A. G., & Farinassi-Mendes, R. (2022). Soil-Cement Bricks Development Using Polymeric Waste. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(14), 21034–21048. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-16769-Z/METRICS>
- Liu, J., Li, Q., Gu, W., & Wang, C. (2019). The impact of consumption patterns on the generation of municipal solid waste in China: Evidences from provincial data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101717>
- Lizarzaburu-Aguinaga, D., Farfan-Gómez, J. D., Benittes-Alfaro, E., Acosta-Suasnabar, E., Lizarzaburu-Aguinaga, M. G., & Orrego-Cumpa, R. (2023). Recycling of Rubber and Polyethylene Terephthalate (PET) to Produce Ecological Bricks in Peru. *Chemical Engineering Transactions*, 101(June), 199–204. <https://doi.org/10.3303/CET23101034>
- Lobo-Sousa, R. M., Das Chagas-Oliveira, F., Silva, P. F., Lopes, P. D., Torres-Melo, S., & Lima-Soares, R. A. (2021). Reuse study of waste in ecological brick. *International Journal for Innovation Education and Research*, 9(6), 185–195. <https://doi.org/10.31686/ijier.vol9.iss6.3166>
- López-Aguirre, J. F., Pumaquero-Yuquilema, J. C., & López-Salazar, J. L. (2020). Análisis de la contaminación ambiental por plásticos. *Polo Del Conocimiento*, 5(12), 725–742. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i12.2139>
- López-Gómez, M., & Cultrone, G. (2023). The Use of Expanded Polystyrene and Olive Stones in the Manufacture of Lightweight Bricks: Evaluation of Their Properties and Durability. *Materials*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/ma16041330>

- López-Palma, A., Benítez-Hurtado, X., León-Ron, J., Maji-Mozo, P., Domínguez-Montoya, D., & Báez-Quiñónez, D. (2019). La observación. Primer eslabón del método clínico. *Revista Cubana de Reumatología*, 21(1817–5996), 1817–5996. [www.revreumatologia.sld.cu](http://www.revreumatologia.sld.cu)
- Luis Álvaro García-Argüelles, D., Francisco, C., Álvaro García-Argüelles, L., Luis López-Medina, F., & Moreno-Toiran, G. (2019). El método experimental profesional en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General para los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica The professional experimental method in the teaching-learning process of General Chemistry for studen. *Rev. Cubana Quím*, 30(2), 2224–5421. <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/cq>
- Maharjan, P., Shrestha, S. K., Rayamajhi, S., Shrestha, A. R., & K.C, A. (2023). Production and Carbon Emission Calculation of Bricks Incorporating Construction And Demolition Waste and Pet Pellets. *Journal of Advanced College of Engineering and Management*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.3126/JACEM.V8I1.55907>
- Martins-Barros, M., Leão-de Oliveira, M. F., Da Conceição-Ribeiro, R. C., Bastos, D. C., & Gomes-de Oliveira, M. (2020). Ecological bricks from dimension stone waste and polyester resin. *Construction and Building Materials*, 232, 117252. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117252>
- Mastali, M., Shaad, K. M., Abdollahnejad, Z., Falah, M., Kinnunen, P., & Illikainen, M. (2020). Towards sustainable bricks made with fiber-reinforced alkali-activated desulfurization slag mortars incorporating carbonated basic oxygen furnace aggregates. *Construction and Building Materials*, 232, 117258. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117258>
- Meshram, S. S., Raut, S. P., & Madurwar, M. V. (2022). Use of industrial waste burnt residue to develop sustainable brick. *Materials Today: Proceedings*, 60, 732–737. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.02.336>
- Mohan, M., Gurumoorthy, N., & Chandrasekar, A. (2018). Utilización eficaz de cenizas de bagazo de caña de azúcar y polvo de mármol en la fabricación de ladrillos de arcilla sostenibles. *Revista Internacional de Ingeniería Civil y Tecnología*, 9(11), 974–980.
- Mohd-Yassin, N. I., Burhanudin, M. K., Izzah-Ekhwan, N. I., & Hadipramana, J. (2023). A Study of Performance of Compressed Earth Brick Incorporation with Waste Fire Clay Brick as a Filler. *International Journal of Sustainable*

- Construction Engineering and Technology*, 14(3), 193–199.  
<https://doi.org/10.30880/ijscet.2023.14.03.016>
- Mukhtar, A., Qazi, A. U., Khan, Q. S., Munir, M. J., Kazmi, S. M. S., & Hameed, A. (2022). Feasibility of Using Coal Ash for the Production of Sustainable Bricks. *Sustainability (Switzerland)*, 14(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su14116692>
- Muñoz-Pérez, S. P., Delgado-Sánchez, J. L., & Facundo-Peña, L. E. (2021). Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales: una revisión. *Cultura Científica y Tecnológica*, 18(1), 1–9. <https://doi.org/10.20983/CULCYT.2021.1.3.1>
- Ñañez-Silva, M., Sánchez-Cárdenas, L., & Yactayo-Carrión, E. (2023). *International Journal of Advanced and Applied Sciences Valorization and reuse of construction and demolition waste for its transformation into ecological bricks*. 10(6), 150–157.
- Navarrete-Schettini, G. A., Ávila-Martínez, M. F., Chicaiza-Intriago, J. G., & Cueva-Schettini, E. Y. (2024). Fabricación de ladrillo maleta, alternativa eco-artesanal para uso en construcciones agrícolas. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria*, 6(2806–5794), 376–383.
- Oyola-García, A. E. (2021). La variable. *Revista Del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14(1), 90–93. <https://doi.org/10.35434/RCMHNA.2021.141.905>
- Pradhan, K., Ram, S., & Ralegaonkar, R. V. (2020). Development of sustainable bricks using ash from co-fired sawdust and coal. <https://doi.org/10.1680/Jcoma.17.00034>, 173(3), 132–140. <https://doi.org/10.1680/JCOMA.17.00034>
- Raheel-Shah, S. A., Arshad, H., Farhan, M., Raza, S. S., Khan, M. M., Imtiaz, S., Shahzadi, G., Qurashi, M. A., & Waseem, M. (2019). Sustainable brick masonry bond design and analysis: An application of a decision-making technique. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(20), 1–19. <https://doi.org/10.3390/app9204313>
- Raut, A., Singh, R. J., Gomez, C. P., & Jameel, M. (2022). Investigation of Thermal Efficiency and Key Sustainability Features of Bricks Developed from Oil Palm and Glass Waste. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 35(1), 04022368. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0004530](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004530)
- Raut, S. P., Patil, U. S., & Madurwar, M. V. (2022). Utilization of phosphogypsum and rice husk to develop sustainable bricks. *Materials Today: Proceedings*, 60,

595–601. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.02.122>

- Reinoso, E., Vergara, L., Ronquillo, D., & Hernández, Á. (2019). Elaboración de Ladrillos Ecológicos a base de Polietileno. *Ciencias de La Ingeniería y Aplicadas*, *1*(1), 30–34. <http://investigacion.utc.edu.ec/index.php/ciya/article/view/74>
- Reyna-Ruiz, C., Gómez-Soberón, J. M., & Rojas-Valencia, M. N. (2024). Feasibility and Application of Local Closed-Loop Materials to Produce Compressed and Stabilized Earth Blocks. *Materials*, *17*(13). <https://doi.org/10.3390/ma17133358>
- Ribeiro, J. M. G., Lautenschlager, C. E. R., Santos, M. F. A., Sabino, S. do R. F., Vieira, L. G. de M., Gonçalves, G., & Pietrobelli, J. M. T. de A. (2024). Incorporation of Liquid WTP Sludge into Compacted Soil–Cement Mixtures. *Processes*, *12*(7), 1430. <https://doi.org/10.3390/PR12071430>
- Rihan-Maaze, M., & Shrivastava, S. (2023). Design development of sustainable brick-waste geopolymer brick using full factorial design methodology. *Construction and Building Materials*, *370*, 130655. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.130655>
- Rivero-Camacho, C., Martínez-Rocamora, A., Alba-Rodríguez, D., Lucas-Ruiz, V., & Marrero, M. (2024). Holistic assessment of the economic, environmental, and social impact of building construction. Application to housing construction in Andalusia. *Journal of Cleaner Production*, *434*, 140170. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.140170>
- Rodríguez-Gómez, M., & Pérez-Hernández, M. R. (2022). De Desechos Plásticos a Ladrillos. *Jóvenes En La Ciencia*, *14*, 1–4. <https://www.pxfuel.com/es/free-photo-ikvat>
- Rodríguez, M. Z. S., Losada, M. C., Hernandez, J. A. G., & Orobio, A. (2023). Characterization of a polypropylene and polyethylene compound for the production of bricks in non-structural walls. *Informes de La Construcción*, *75*(571). <https://doi.org/10.3989/IC.6265>
- Rojas-Valencia, M. N., & Aquino, E. (2019). Recycling of construction wastes for manufacturing sustainable bricks. <https://doi.org/10.1680/Jcoma.16.00046>, *172*(1), 29–36. <https://doi.org/10.1680/JCOMA.16.00046>
- Salcedo-Rodríguez, M. Z., Castañeda-Losada, M., Gil-Hernández, J. A., & Orobio, A. (2023). Characterization of a polypropylene and polyethylene compound for the production of bricks in non-structural walls. *Informes de La Construcción*, *75*(571). <https://doi.org/10.3989/ic.6265>

- Sánchez-Bernal, R., Pita-Castañeda, D. J., González-Velandia, K. D., Hormaza-Verdugo, J. A., Sánchez-Bernal, R., Pita-Castañeda, D. J., González-Velandia, K. D., & Hormaza-Verdugo, J. A. (2019). Análisis de mezclas de residuos sólidos orgánicos empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos no estructurales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 23–44. <https://doi.org/10.15359/RCA.53-1.2>
- Sánchez-Flores, F. A. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación En Docencia Universitaria*, 13, 101–122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Šveda, M., Janík, B., Pavlík, V., Štefunková, Z., Pavlendová, G., Šín, P., & Sokolá, R. (2019). Pore-size distribution effects on the thermal conductivity of the fired clay body from lightweight bricks. *Journal of Building Physics*, 41(1), 78–94. <https://doi.org/10.1177/1744259116672437>
- Symeonides, C., Brunner, M., Mulders, Y., Toshniwal, P., Cantrell, M., Mofflin, L., & Dunlop, S. (2021). Buy-now-pay-later: Hazards to human and planetary health from plastics production, use and waste. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 57(11), 1795–1804. <https://doi.org/10.1111/jpc.15777>
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. G. (2019). *Métodos de recolección de datos para una investigación*. <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/2817>
- Uvarajan, T., Gani, P., Chuan, N. C., & Zulkernain, N. H. (2022). Reusing plastic waste in the production of bricks and paving blocks: a review. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 26(14), 6941–6974. <https://doi.org/10.1080/19648189.2021.1967201>
- Valarezo-Ulloa, M. J., & Ruiz-Virgen, L. (2022). El reciclaje de plásticos, un reto para lograr una economía circular. *Cedamaz*, 12(2), 203–209. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v12i2.1265>
- Viscaíno-Zúñiga, P. I., Maldonado-Palacios, I. A., & Cedeño-Cedeño, R. J. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. In *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* (Vol. 7, Issue 4). [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7658](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658)
- Wei-Quan, C., Huei-Lee, Y., Amran, M., Fediuk, R., Vatin, N., Beng-Hongkueh, A., & Yong-Lee, Y. (2022). A Sustainable Reuse of Agro-Industrial Wastes into Green Cement Bricks. *Materials*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/ma15051713>

- Wu, J., Yin, S., Zhang, L., & Song, X. (2021). Manufacture of sustainable fired shale bricks using sewage sludge as raw material. *Manufacture of sustainable fired shale bricks using sewage sludge as raw material. IOPSCIENCE*, 13.
- Yang, Z., Qiang, Z., Guo, M., Yi, G., Shi, Y., Cheng, F., & Zhang, M. (2020). Pilot and industrial scale tests of high-performance permeable bricks producing from ceramic waste. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120167. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.120167>
- Yu, L., Shen, X., Zhang, Y., Liu, H., Zhang, C., & Han, Z. (2024). Raw material design, sintering temperature optimization and development mechanism investigation of self-foaming porous bricks with high solid waste addition. *Chemical Engineering Journal*, 495, 153711. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2024.153711>
- Zhu, J., & Liu, W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 123(1), 321–335. <https://doi.org/10.1007/S11192-020-03387-8>
- Zinatloo-Ajabshir, S., Rahimpour, H., Amini, A. B., Sharifi, F., & Fahmi, A. (2024). Facile fabrication of next-generation sustainable brick and mortar through geopolymerization of construction debris. *Scientific Reports*, 14(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61688-x>

# ANEXOS

## Anexo 1: Información transcrita en IBM SPSS Statistics.

The screenshot shows the 'Vista de variables' (View of variables) window in IBM SPSS Statistics. The table below represents the data shown in the interface:

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
Tratamiento1	Númerico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
Tratamiento2	Númerico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
Tratamiento3	Númerico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
Tratamiento4	Númerico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
Tratamiento5	Númerico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
Tratamiento6	Númerico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada

## Anexo 2: Valores de tratamientos.

The screenshot shows the 'Vista de datos' (View of data) window in IBM SPSS Statistics. The table below represents the data shown in the interface:

	Tratamiento1	Tratamiento2	Tratamiento3	Tratamiento4	Tratamiento5	Tratamiento6	var											
1	9	10	10	9	9	9												
2	9	7	7	9	8	7												
3	8	9	8	9	8	7												
4	9	9	9	9	10	9												
5	8	7	8	9	7	7												
6	9	9	9	8	11	10												
7	11	8	9	10	10	10												
8	8	7	9	9	7	8												
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		

### Anexo 3: Análisis Alfa de Cronbach en IBM SPSS Statistics.

The screenshot displays the IBM SPSS Statistics interface. The main window shows the results of a Cronbach's Alpha analysis for the variable 'Escala: ALL VARIABLES'. The 'Resumen de procesamiento de casos' (Case Processing Summary) table indicates that all 8 cases are valid, with 0 excluded. The 'Estadísticas de fiabilidad' (Reliability Statistics) table shows a Cronbach's Alpha coefficient of .820 based on 6 items.

**Resumen de procesamiento de casos**

Casos	Válido	N	%
	Válido	8	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	8	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
,820	6

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:AC

### Anexo 4: Corte y preparación del material.



**Anexo 5:** Proceso de soldadura de la base del prototipo.



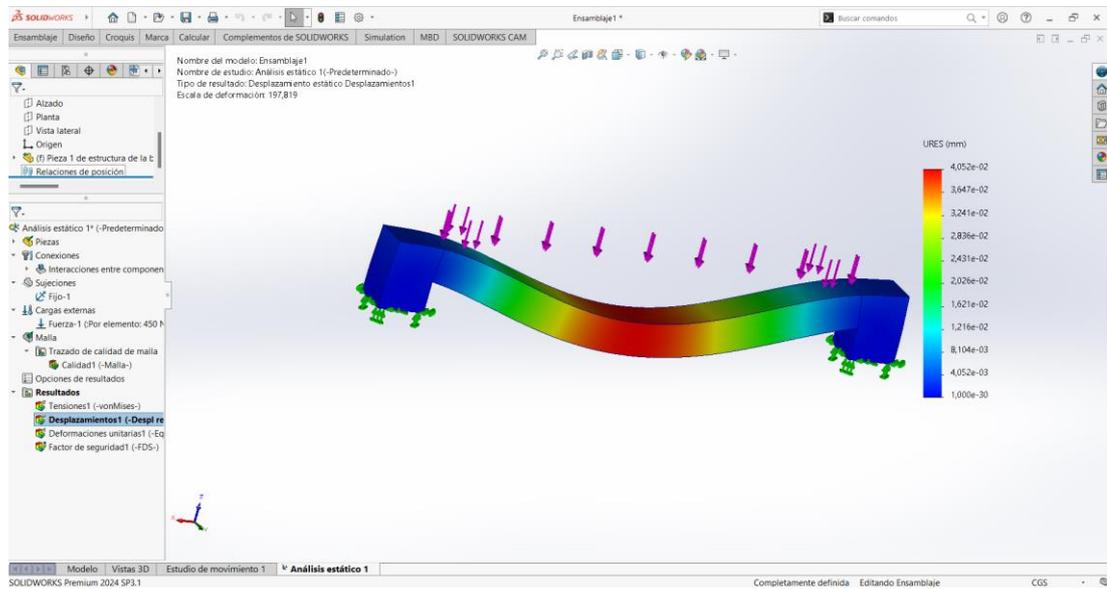
**Anexo 6:** Diseño de caja receptora de materia prima.



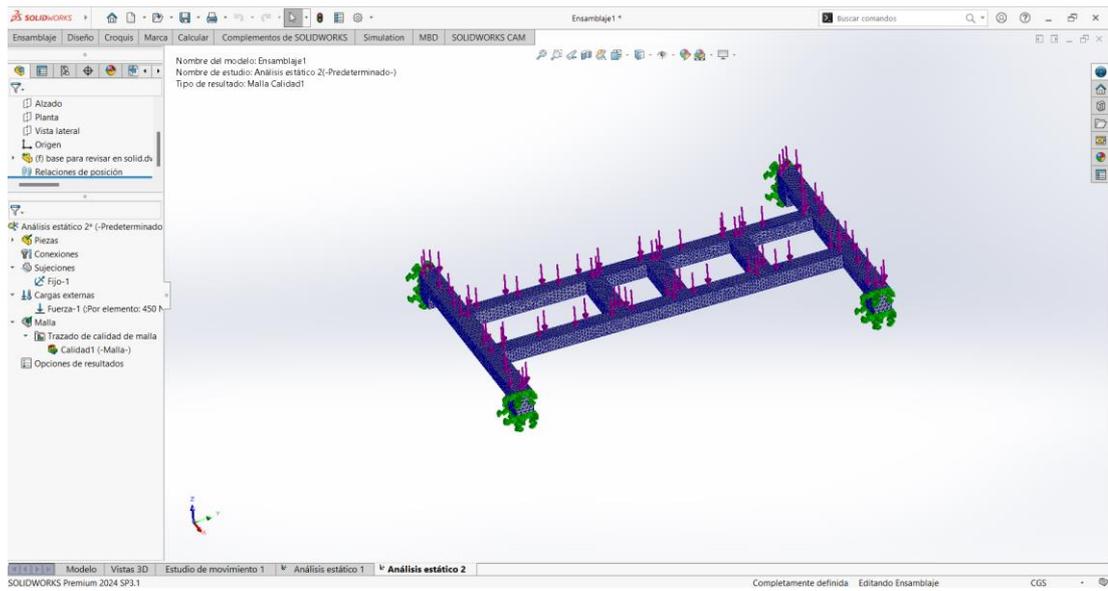
## Anexo 7: Proceso de diseño de caja receptora de materia prima mediante la utilización de torno.



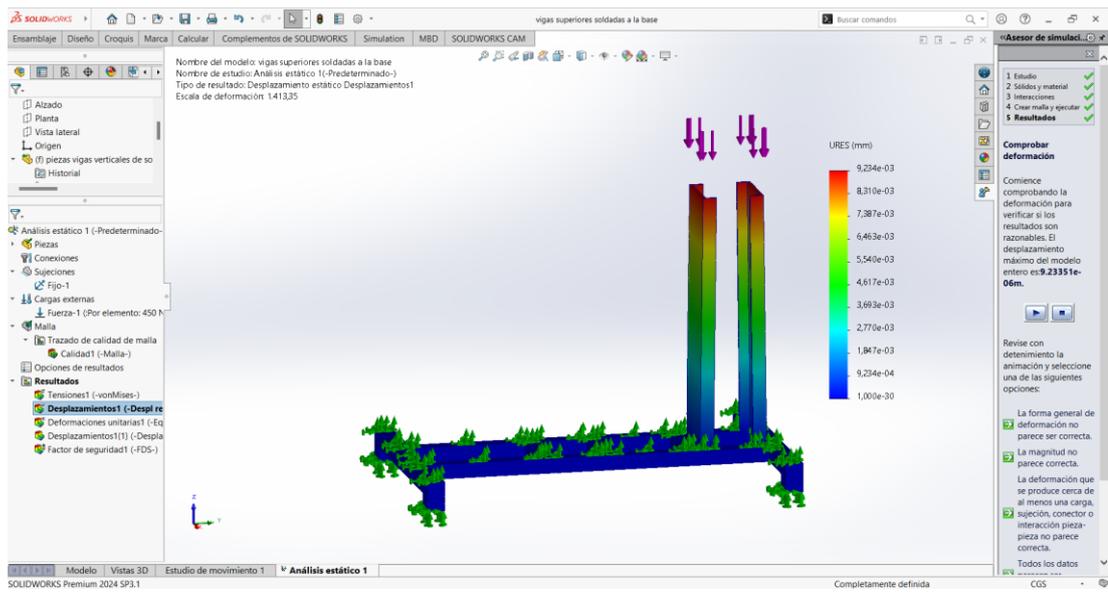
## Anexo 8: Análisis estático de pieza de la estructura de la base del prototipo.



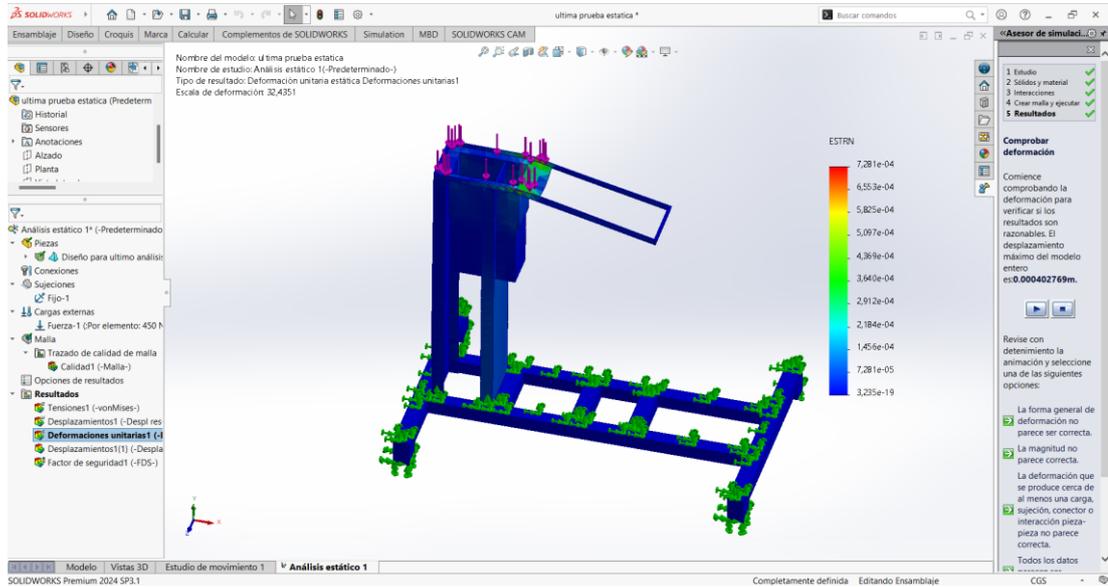
## Anexo 9: Análisis estático estructura de la base del prototipo.



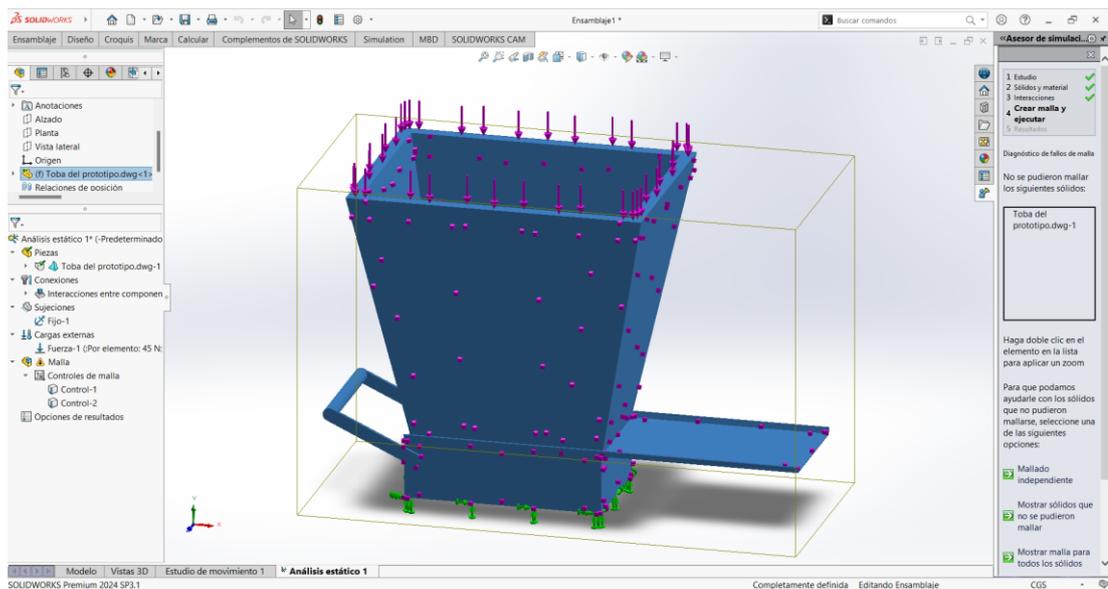
## Anexo 10: Análisis estático de las vigas verticales soldadas a la base.



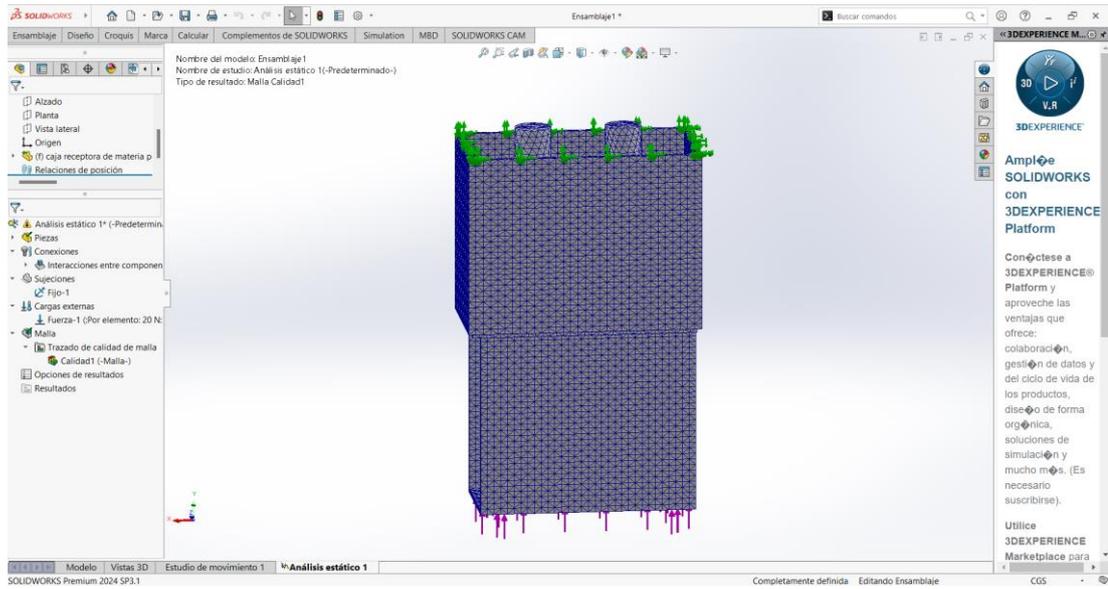
## Anexo 11: Análisis estático de la caja receptora de materia prima soldada a la estructura principal.



## Anexo 12: Análisis estático de tolva.



### Anexo 13: Análisis de presión ejercida en la caja receptora de materia prima.



### Anexo 14: Ladrillo ecológico elaborado.



**Anexo 15:** Ladrillo en el sistema de compactación.



**Anexo 16:** Tratamiento en el proceso de compactación.



**Anexo 17:** Vista lateral del proceso de extracción del ladrillo.



**Anexo 18:** Funcionamiento de la caja hidráulica.



**Anexo 19:** Vista lateral del proceso de extracción del ladrillo.



**Anexo 20:** Tratamiento en proceso de extracción.



**Anexo 21:** Tratamiento en proceso de manipulación.



**Anexo 22:** Sistema de compactación.



**Anexo 23:** Instrumento para validación de propuesta experto 1.



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

**INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA**

**Estimado ING:**

Solicitamos su valiosa cooperación para evaluar la calidad del siguiente contenido: "ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE" Sus criterios son de gran relevancia para la ejecución de este trabajo, por lo que le solicitamos nos brinde su cooperación respondiendo las preguntas que se realizan a continuación.

**Datos informativos**

Valido por:	ING MARCO BERMEO
Título obtenido:	ING INDUSTRIAL
C.I.:	1707326813
E-mail:	mbermeo@upse.edu.ec.
Institución de trabajo:	UPSE
Cargo:	DOCENTE TITULAR
Años de experiencia en el área:	20.

Instructivo:

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

**Tema: "ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE"**

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

Observaciones.....  
.....  
.....  
.....

Recomendaciones.....  
.....  
.....  
.....

La libertad 6/11/2024



Firma del especialista

**Anexo 24:** Instrumento para validación de propuesta experto 2



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

**INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA**

**Estimado ING:**

Solicitamos su valiosa cooperación para evaluar la calidad del siguiente contenido: "ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE" Sus criterios son de gran relevancia para la ejecución de este trabajo, por lo que le solicitamos nos brinde su cooperación respondiendo las preguntas que se realizan a continuación.

**Datos informativos**

Valido por:	Alexandro C. Veliz Aguayo
Título obtenido:	PhD
C.I.:	0908182280
E-mail:	aveliz@upse.edu.ec
Institución de trabajo:	UPSE
Cargo:	Decan Le
Años de experiencia en el área:	30+

Instructivo:

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

**Tema: "ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE"**

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

Observaciones.....  
.....  
.....  
.....

Recomendaciones.....  
.....  
.....  
.....

La libertad 6/11/2024



Firma del especialista

Anexo 25: Instrumento para validación de propuesta experto 3



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

INSTRUMENTO PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

**Estimado ING:**

Solicitamos su valiosa cooperación para evaluar la calidad del siguiente contenido: "ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE" Sus criterios son de gran relevancia para la ejecución de este trabajo, por lo que le solicitamos nos brinde su cooperación respondiendo las preguntas que se realizan a continuación.

**Datos informativos**

Valido por:	Ing. Gerardo Herrera
Título obtenido:	Ing. Industrial
C.I.:	0909254260
E-mail:	gherrera@upse.edu.ec
Institución de trabajo:	UPSE
Cargo:	Docente titular
Años de experiencia en el área:	35

Instructivo:

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

**Tema: "ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LADRILLOS ECOLÓGICOS EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UPSE"**

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

Observaciones.....  
.....  
.....  
.....

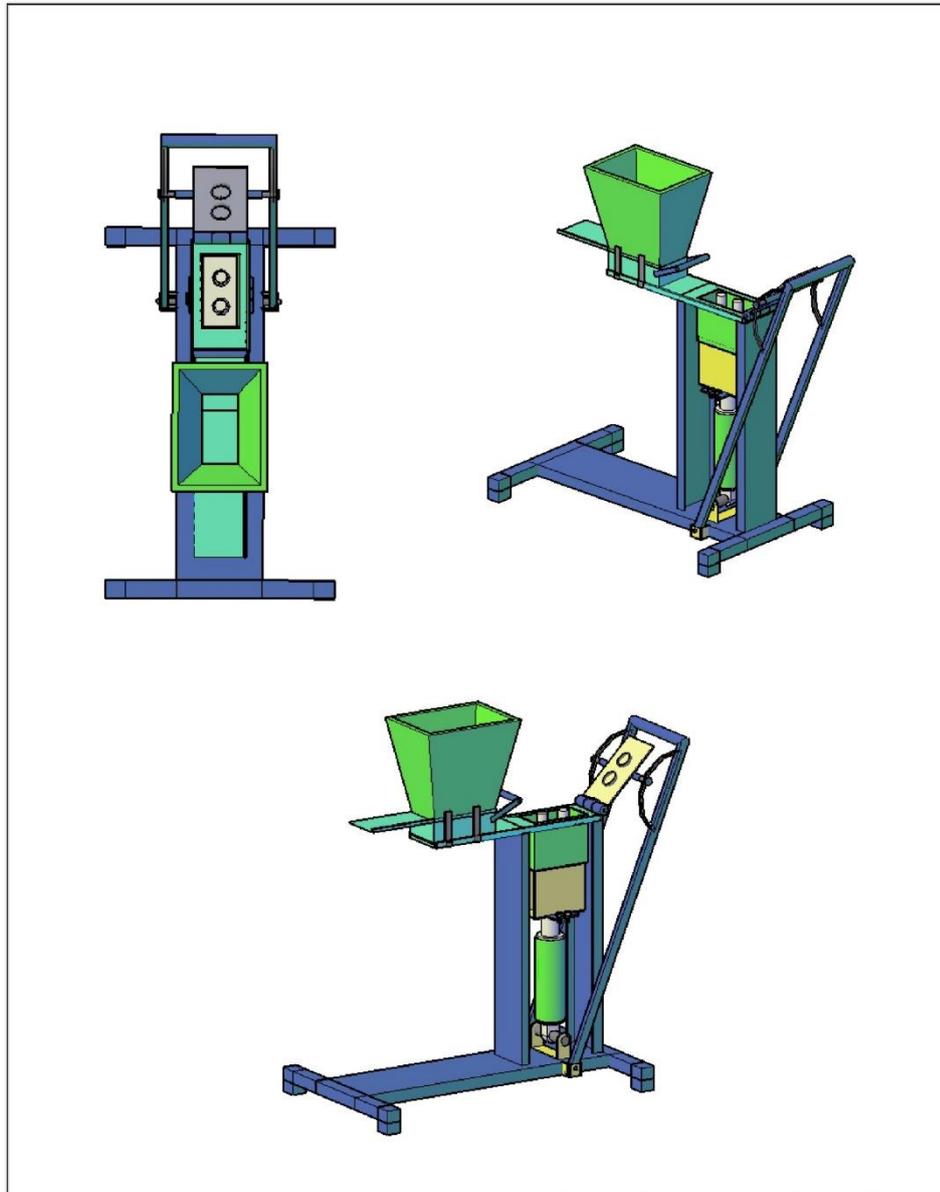
Recomendaciones.....  
.....  
.....  
.....

La libertad 6/11/2024



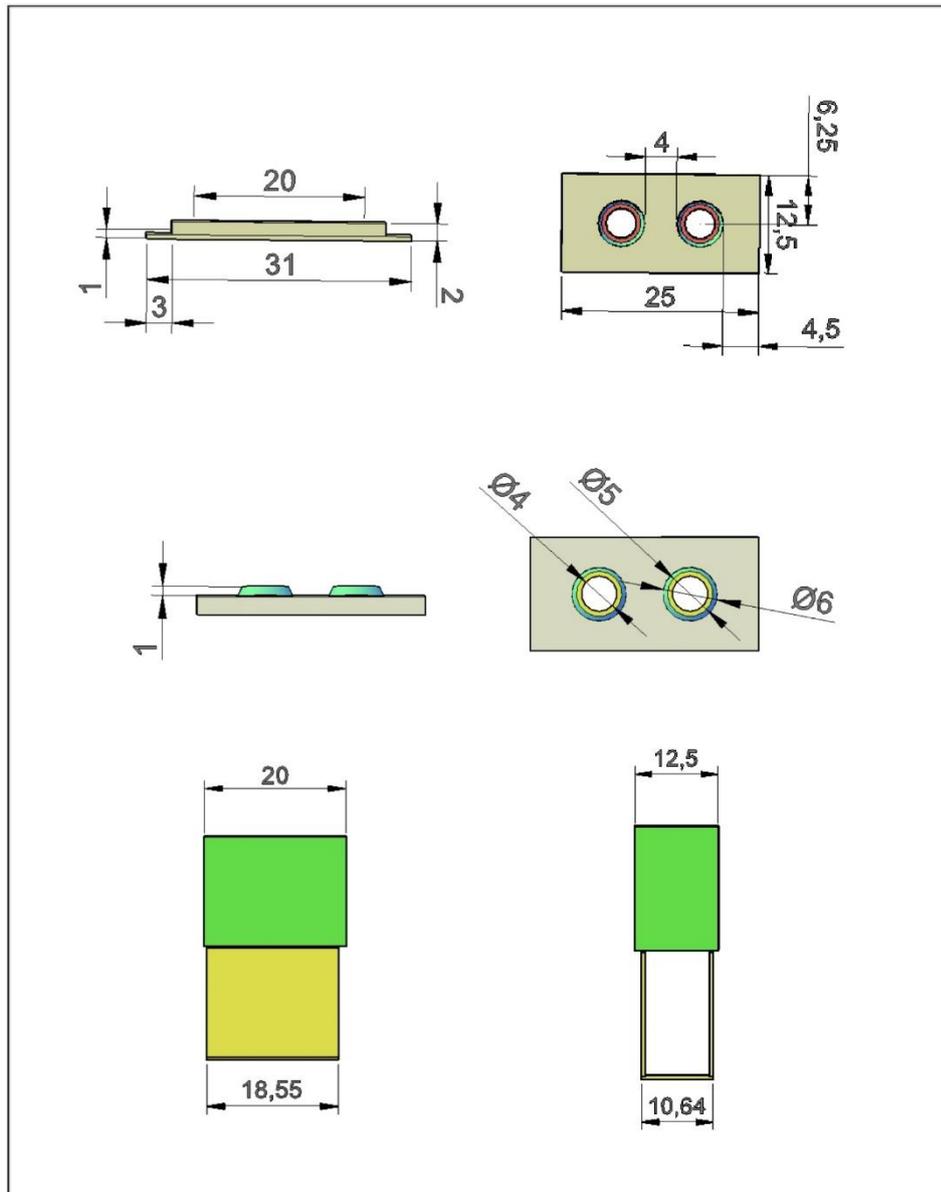
Firma del especialista

**Anexo 26:** Diseño de prototipo para ladrillos ecológicos.



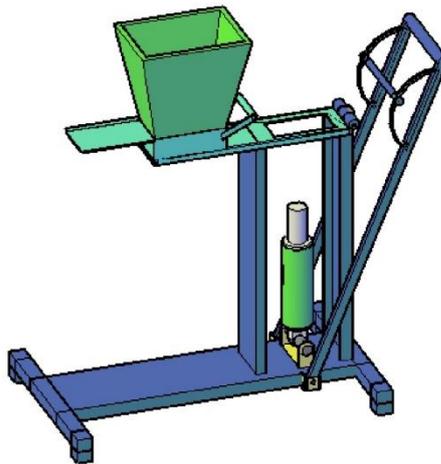
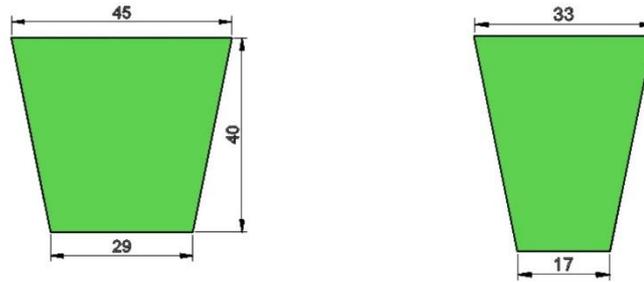
<b>UPSE</b> FACULTA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL				Datos:	Nombre	Fecha:	Firma:
				Dibujó:	Kenny Tigrero Pedro Reyes	20/08/2024	
<b>IMPRESIÓN 3D</b>				Revisó:	Ing. E. Buenaño	20/08/2024	
				Aprovó:	Ing. E. Buenaño	20/08/2024	
Escala : 1:1	Sistema:	Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso:	Material:	Tubo Cuadrado, Rect. y plancha Neg.	Nº 05	

**Anexo 27:** Medidas del sistema de compactación de materia prima.



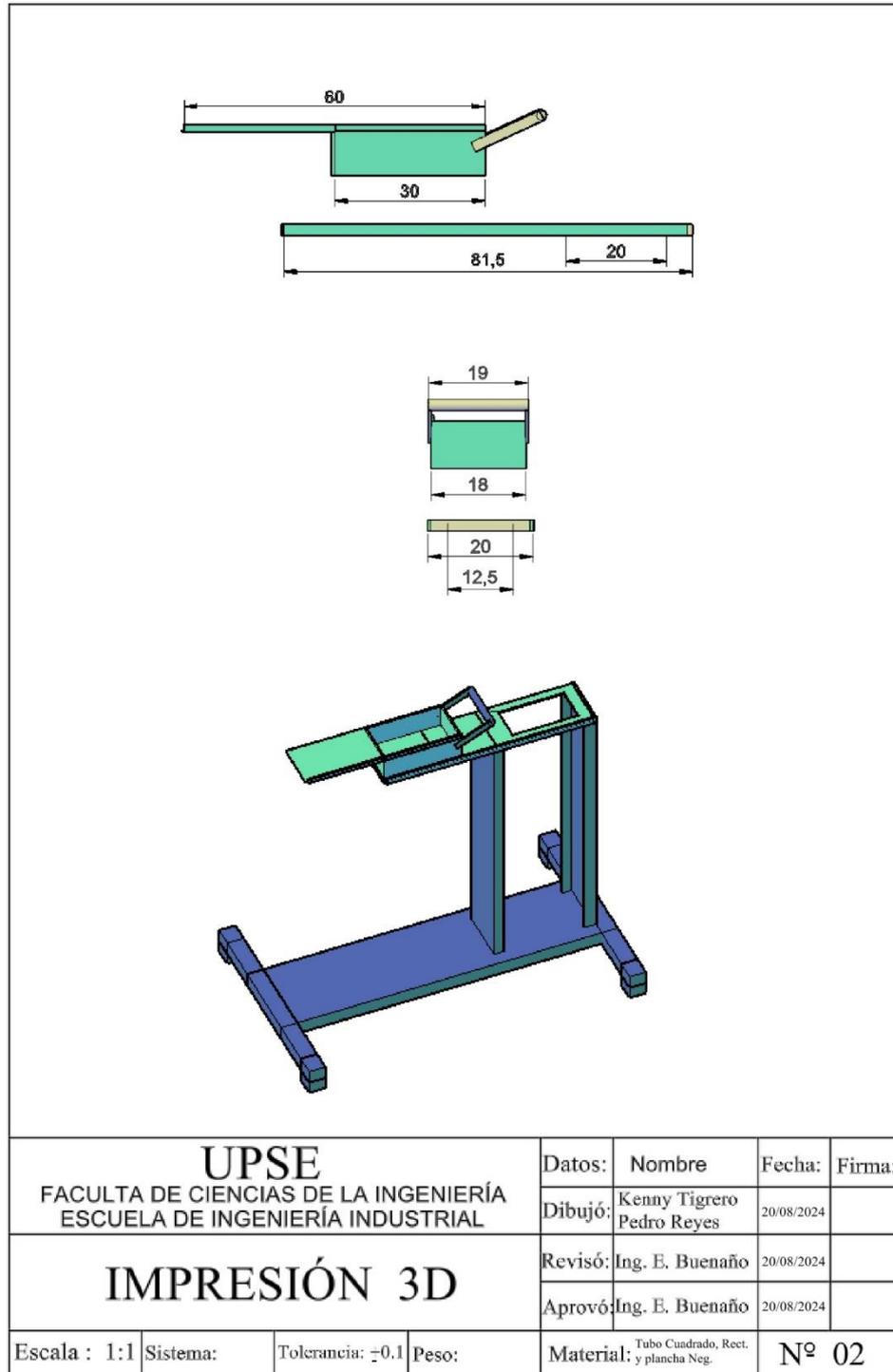
<p style="text-align: center;"><b>UPSE</b> FACULTA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>		Datos:	Nombre	Fecha:	Firma:
		Dibujó:	Kenny Tigrero Pedro Reyes	20/08/2024	
<p><b>IMPRESIÓN 3D</b></p>		Revisó:	Ing. E. Buenaño	20/08/2024	
		Aprovó:	Ing. E. Buenaño	20/08/2024	
<p>Escala : 1:1</p>	<p>Sistema:</p>	<p>Tolerancia: <math>\pm 0.1</math></p>	<p>Peso:</p>	<p>Material: Tubo Cuadrado, Rect. y plancha Neg.</p>	<p>Nº 04</p>

**Anexo 28:** Medidas de la tolva del prototipo.

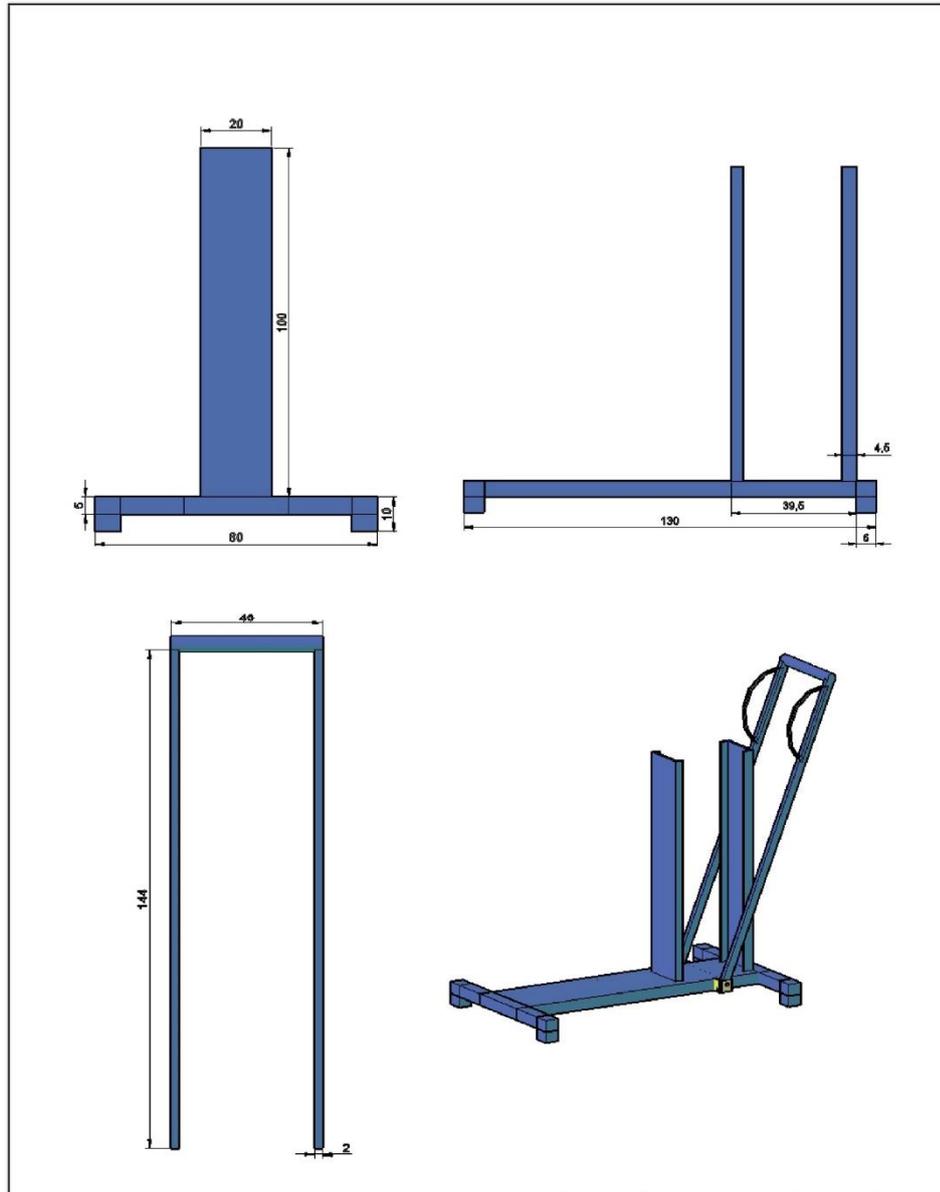


<p style="text-align: center;"><b>UPSE</b> FACULTA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>				Datos:	Nombre	Fecha:	Firma:
				Dibujó:	Kenny Tigrero Pedro Reyes	20/08/2024	
<p><b>IMPRESIÓN 3D</b></p>				Revisó:	Ing. E. Buenaño	20/08/2024	
				Aprovó:	Ing. E. Buenaño	20/08/2024	
Escala : 1:1	Sistema:	Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso:	Material:	Tubo Cuadrado, Rect. y plancha Neg.	<p><b>Nº 03</b></p>	

**Anexo 29:** Medidas de la caja de almacenamiento de materia prima.



**Anexo 30:** Medidas de la estructura del prototipo.



<p style="text-align: center;"><b>UPSE</b> FACULTA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>		Datos:	Nombre	Fecha:	Firma:
		Dibujó:	Kenny Tigrero Pedro Reyes	20/08/2024	
<p><b>IMPRESIÓN 3D</b></p>		Revisó:	Ing. E. Buenaño	20/08/2024	
		Aprovó:	Ing. E. Buenaño	20/08/2024	
Escala : 1:1	Sistema:	Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso:	Material: Tubo Cuadrado, Rect. y plancha Neg.	Nº 01



## Anexo A. Carta de donación

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



La Libertad, 6 de noviembre del 2024

### **Carta de Donación de prototipo.**

**Estimados,**

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

### **DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Estudiantes:** Tigrero Suárez Kenny Adolfo y Reyes Reyes Pedro Josué

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: Gata hidráulica eléctrica de 12 V, 15 A, con una potencia de 180 W, con carga de peso 5 Ton, la altura máxima de 530 mm, una mínima de 155 mm y con una carga de 5.25 kg, un transformador modelo CG-400-12, con un aporte de AC100-250V 50/60 Hz, y producción de DC 12 V; 33 A 12 V y un poder Max 400 W 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.

**Atentamente,**

**TIGRERO S. KENNY**

**Atentamente,**

**REYES R. PEDRO**