



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Utilización de plástico (PET) como agregado para la  
elaboración de ladrillos ecológicos para construcción de  
viviendas de interés social, Tumbes, 2023.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Segura Tenorio, Anderson Manuel (orcid.org/0009-0001-4869-2144)

**ASESOR:**

Mg. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan (orcid.org/0000-0002-2026-0411)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL**

**UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA – PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada especialmente para cada integrante de mi familia, a mis padres por ser hoy y siempre los pilares fundamentales en mi vida para así yo haber podido llegar hasta esta instancia de mi carrera profesional, a mi pequeña hija por ser mi motor y motivación para poder obtener mi título profesional, a mis hermanos menores para que me vean como ejemplo en todo momento y lleguen a ser grandes profesionales.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios principalmente por haber obrado y puesto en mí esa fortaleza para culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida profesional, a toda mi familia por darme el apoyo emocional que necesitaba para no decaer a lo largo de este proceso. Agradezco también a mi asesor de tesis por dedicar de su tiempo y haber sido participe acompañándome en este largo camino de mi titulación.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Utilización de plástico (PET) como agregado para la elaboración de ladrillos ecológicos para construcción de viviendas de interés social, Tumbes, 2023.", cuyo autor es SEGURA TENORIO ANDERSON MANUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 23 de Noviembre del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor:   | Firma   |
|---|---|
| LUIS ALFONSO JUAN BARRANTES MANN<br>DNI: 07795005<br>ORCID: 0000-0002-2026-0411 | Firmado electrónicamente<br>por: ABARRANTESMA el<br>05-12-2023 17:17:38 |

Código documento Trilce: TRI - 0663046



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, SEGURA TENORIO ANDERSON MANUEL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Utilización de plástico (PET) como agregado para la elaboración de ladrillos ecológicos para construcción de viviendas de interés social, Tumbes, 2023.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| <b>Nombres y Apellidos</b>  | <b>Firma</b>  |
|---|---|
| SEGURA TENORIO ANDERSON MANUEL<br><b>DNI:</b> 73650300<br><b>ORCID:</b> 0009-0001-4869-2144 | Firmado electrónicamente<br>por: ANSEGRATE el 24-<br>11-2023 14:21:03 |

Código documento Trilce: INV - 1478627

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |      |
|--|------|
| CARÁTULA.....  | i    |
| DEDICATORIA .....  | ii   |
| AGRADECIMIENTO .....                                       | iii  |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....              | iv   |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....               | v    |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....                                 | vi   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                     | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                    | viii |
| RESUMEN.....   | ix   |
| ABSTRACT.....  | x    |
| I. INTRODUCCIÓN .....                                      | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO.....                                     | 6    |
| III. METODOLOGÍA.....                                      | 18   |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                  | 18   |
| 3.2. Variables y operacionalización .....                  | 19   |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                   | 23   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... | 24   |
| Técnicas .....   | 24   |
| 3.5. Procedimientos .....                                  | 26   |
| 3.6. Método de análisis de datos.....                      | 29   |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                 | 29   |
| IV. RESULTADOS.....  | 30   |
| V. DISCUSIONES.....  | 40   |
| VI. CONCLUSIONES.....                                      | 42   |
| VII. RECOMENDACIONES .....                                 | 43   |
| REFERENCIAS .....  | 44   |
| ANEXOS.....  | 49   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....  | 21 |
| Tabla 2. Instrumentos de recolección de datos .....   | 25 |
| Tabla 3. Resistencias características de la albañilería MPa kg/cm <sup>2</sup> .....                            | 27 |
| Tabla 4. Diseño de mezcla para la elaboración de ladrillos ecológicos con plástico PET (0%,10%, 25%, 40%) ..... | 30 |
| Tabla 5. Cantidades de los materiales para la elaboración de los ladrillos ecológicos.....                      | 31 |
| Tabla 6. Resistencia a la compresión por unidad de albañilería .....  | 31 |
| Tabla 7. Resistencia a la compresión en pila .....  | 33 |
| Tabla 8. Matriz de Leopold del ladrillo sin PET.....  | 36 |
| Tabla 9. Matriz de Leopold del ladrillo con PET .....   | 37 |
| Tabla 10. Costo de fabricación de ladrillo ecológico sin plástico PET .....                                     | 37 |
| Tabla 11. Costo de fabricación de ladrillo ecológico con plástico PET .....                                     | 37 |
| Tabla 12. Matriz de consistencia .....  | 49 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Clasificación del plástico .....                             | 23 |
| Figura 2. Procedimiento de la elaboración del ladrillo ecológico ..... | 28 |
| Figura 3. Resistencia a la compresión en unidades de albañilería ..... | 28 |
| Figura 4. Resistencia a la compresión en pilas .....                   | 28 |



## RESUMEN

El aprovechamiento del polímero Polietileno Tereftalato (PET), es una estrategia para abordar la contaminación plástica y promover la sostenibilidad. El PET se utiliza comúnmente en botellas y envases alimentarios. En lugar de desecharlo, se puede reciclar y aprovecharlo. El objetivo de esta investigación fue: la determinación de la influencia del Polietileno Tereftalato como agregado en la elaboración de ladrillos ecológicos. Se realizaron pruebas en proporciones variables de plástico PET con porcentajes (0%, 10%, 25% y 40%), así mismo se llevaron a cabo ensayos de compresión por unidad de albañilería y en pilas de los ladrillos ecológicos en el laboratorio de suelos y concreto (SUELO MÁS E.I.R). La compresión de los ladrillos ecológicos con diferentes porcentajes de plástico PET muestran un aumento general en la resistencia a la compresión a medida que pasa el tiempo, los ladrillos con un 10% de plástico PET exhiben la mayor resistencia a la compresión por unidad de albañilería y en pilas. Así mismo reduce el impacto ambiental en un 32.20% y reduce los costos de fabricación de 0.16 a 0.14 soles (0.04 a 0.03 USD). El uso del plástico PET mejora la resistencia y contribuye positivamente al medio ambiente, así mismo reduce el costo de producción por unidad de ladrillo.

**Palabras clave:** Ladrillos ecológicos, reciclaje, resistencia a la compresión, resistencia en pilas, polietileno tereftalato.

## ABSTRACT

The use of the Polyethylene Terephthalate (PET) polymer is a strategy to address plastic pollution and promote sustainability. PET is commonly used in bottles and food packaging. Instead of throwing it away, it can be recycled and used. The objective of this research was: the determination of the influence of Polyethylene Terephthalate as an aggregate in the production of ecological bricks. Tests were carried out on variable proportions of PET plastic with percentages (0%, 10%, 25% and 40%), and compression tests were carried out per masonry unit and on piles of ecological bricks in the soil laboratory. and concrete (SOIL PLUS E.I.R). Compression of eco-bricks with different percentages of PET plastic show an overall increase in compressive strength over time, with bricks with 10% PET plastic exhibiting the highest compressive strength per unit of masonry and in batteries. Likewise, it reduces the environmental impact by 32.20% and reduces manufacturing costs from 0.16 to 0.14 soles (0.61 to 0.53 USD). The use of PET plastic improves resistance and contributes positively to the environment, and also reduces the production cost per unit of brick.

**Keywords:** Ecological bricks, recycling, resistance to compression, resistance in piles, polyethylene terephthalate.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Hoy en día, el medio ambiente se enfrenta a una grave amenaza por la contaminación que producen los residuos plásticos. La producción y eliminación de plásticos tienen un gran impacto en el cambio climático. Los ríos están siendo obstruidos por desechos de plástico, los mares están siendo contaminados y la vida silvestre está muriendo debido a la presencia de plástico. Se espera que para el año 2050, si continuamos en la misma dirección, se estima que la cantidad de basura plástica presente en los vertederos y el entorno natural alcance los 12 mil millones de toneladas. Debido al creciente problema del plástico, es imprescindible abordar de manera rápida y contundente el problema de los residuos plásticos mediante la toma de acciones (Shen et al., 2020, p. 1).

A nivel internacional organizaciones como The Nature Conservancy están a la cabeza de la batalla contra los desechos de plástico en California y en todo el mundo, utilizando investigación científica, avances tecnológicos y soluciones normativas innovadoras. La resistencia a la degradación de este material presenta desafíos ambientales globales. Debido a su impacto ecológico, todos los países se ven obligados a encontrar alternativas para incrementar la reutilización y disminuir la cantidad de desechos generados (The Nature Conservancy, 2020, párr.1-2 ).

En Perú destaca por su compromiso en la lucha contra la contaminación de los residuos plásticos a nivel mundial. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, la generación mundial de residuos plásticos alcanza niveles significativos los cuales oscilarían entre 300 y 460 millones de toneladas. De este total, menos del 10% se recicla y el 22% se abandona en vertederos improvisados, se quema o se arroja en lugares no habilitados para recibir estos residuos. Además, gran parte de estos desechos termina en el mar sin ningún tipo de control. En Perú, la contaminación de residuos plásticos se ha convertido en una problemática importante debido a la falta de gestión adecuada de los residuos y la escasa educación sobre la importancia de reducir y reciclar el plástico. El Ministerio del Ambiente de Perú informa que la nación produjo más de 7,000,000 de toneladas de residuos sólidos urbanos en 2019, y el plástico representó el 12% de ese total. (MINAM, 2020, párr. 1-9).

Además, después de Brasil, Perú ocupa el cuarto lugar en América Latina por la cantidad de residuos plásticos producidos por persona. El medio ambiente y el bienestar humano han sufrido los mismos problemas de salud, debido a la acumulación de grandes cantidades de residuos plásticos en ríos, océanos, playas y espacios públicos. La ingesta de residuos plásticos por parte de animales marinos y terrestres puede provocar su muerte o afectar su salud, mientras que el plástico no degradable tarda siglos en descomponerse, lo que significa que seguirá siendo un problema durante muchas generaciones (Jain et al., 2017, p. 58).

El gobierno peruano ha establecido políticas y programas para promover la práctica del reciclaje y disminuir la generación de desechos plásticos, sin embargo, para lograr un cambio significativo, se requiere una mayor participación y conciencia de la sociedad en general y mejorar la situación ambiental del país (MINAM, 2016, p. 8).

Cada paso del proceso de gestión de residuos sólidos en Tumbes se enfrenta a importantes dificultades, desde la recogida -que implica el uso de camiones, triciclos y carretillas- hasta la eliminación final que implica la eliminación de residuos en vertederos, ríos, arroyos, océanos y sistemas de drenaje agrícola. Cada habitante de la provincia produce un promedio de 0.50 kg de residuos sólidos al día, lo que se traduce en una producción total de 37 toneladas al día o 13 521 toneladas al año en la ciudad capital, que cuenta con una población promedio de 74 085 personas. Solo el 60% de los residuos sólidos (22.2 toneladas por día) se recolecta y lleva al botadero "Pampa Grande", mientras que el 40% restante (14.8 toneladas por día) los desechos son depositados en áreas como cauces de quebradas, el Río Tumbes y terrenos abandonados, además de ser quemados de forma directa en el vertedero "Pampa Grande", los recicladores informales trabajan y separan los desechos sin contar con la protección necesaria, para luego venderlos a los acopiadores cercanos que los empacan y envían a Lima o Ecuador para su venta. La incineración de residuos en este vertedero contribuye a la contaminación del entorno natural, incluyendo el suelo, el aire y las aguas subterráneas, además de fomentar la propagación de plagas como moscas, cucarachas y roedores (Carrillo, 2015, p. 18-19).

Dado el problema previamente mencionado sobre los plásticos, resulta fundamental realizar investigaciones orientadas a mitigar el impacto ambiental de este material. En este estudio, se propone el aprovechamiento del plástico PET como agregado en la elaboración de ladrillos ecológicos, esto como una alternativa para reducir los residuos plásticos y generar materiales de construcción más sostenibles. La fabricación de estos ladrillos implica mezclar botellas de plástico reciclado con otros materiales como arcilla, tierra tratada, cáscara de arroz y agua, compactar la mezcla y moldearla para crear ladrillos resistentes y duraderos. Además, estos ladrillos tienen un menor impacto ambiental en comparación con los ladrillos tradicionales, ya que reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> y la cantidad de residuos plásticos (Gareca et al., 2020, p. 25).

No obstante, es crucial considerar que la incorporación de plástico en la fabricación de ladrillos ecológicos debe formar parte de un enfoque global de gestión de residuos, y es necesario asegurar la calidad y seguridad de los ladrillos mediante pruebas y estándares de calidad. Con esta problemática se llega a la siguiente pregunta general de investigación: ¿Cuál será la influencia de la utilización del plástico PET como agregado en la elaboración de ladrillos ecológicos? Así mismo a los problemas específicos: ¿Que influencia tendrá el plástico PET como agregado en la resistencia a la compresión por unidad de albañilería y compresión en pila en la elaboración de ladrillos ecológicos?, ¿Influirá el plástico PET como agregado en el impacto ambiental en la elaboración de ladrillos ecológicos?, ¿Cuál será la influencia del material reciclado PET como agregado en el costo de fabricación para la elaboración de ladrillos ecológicos?

La utilización de plástico PET como agregado en la fabricación de ladrillos ecológicos está justificada tanto desde el punto de vista teórico como práctico por varias razones. El PET reciclado contribuye a que lleguen menos residuos plásticos a los vertederos y al medio ambiente, lo que fomenta la reutilización y conservación de los recursos. Esta es una de las ventajas de utilizar PET reciclado en la producción de ladrillos. Además, los ladrillos ecológicos hechos con este material tienen una huella de carbono menor que los ladrillos convencionales, considerando que su producción reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y el

consumo de energía. Asimismo, son más económicos y accesibles, ya que se pueden producir a partir de materiales reciclados disponibles localmente y de bajo costo. Sin embargo, en comparación con los ladrillos convencionales, los ladrillos ecológicos tienen mejores propiedades térmicas y acústicas, por lo que son más eficaces para aislar del calor y el ruido. También son una gran opción para la construcción de edificios duraderos y sostenibles gracias a su mayor resistencia y durabilidad (Haque, 2019, p. 1). Los siguientes factores proporcionan una importante justificación social para la producción de ladrillos ecológicos utilizando plástico PET como agregado: La contaminación ambiental disminuye cuando se utiliza PET reciclado para fabricar ladrillos, lo que reduce la cantidad de residuos plásticos vertidos en vertederos y otras zonas naturales. Esto mejora la salud pública y la vida de los residentes. La producción de ladrillos ecológicos tiene el potencial de crear puestos de trabajo para los desempleados y los empobrecidos, beneficiando así a la economía local. La calidad de vida de las comunidades mejora porque los ladrillos ecológicos tienen una gran capacidad de aislamiento, lo que les permite reducir la temperatura de las casas y mejorar las condiciones de vida de los habitantes de climas cálidos. Además, su producción puede contribuir a la construcción de viviendas más económicas y sostenibles para las comunidades. La producción de ladrillos ecológicos, como una forma de reutilizar materiales que de otra manera se desecharían, contribuye al desarrollo sostenible al disminuir la presión sobre los recursos naturales. Esta práctica sería sostenible (Da silva et al., 2021, p. 1).

La justificación metodológica del uso de plástico PET en los ladrillos ecológicos pretende disminuir el impacto ambiental de los procesos convencionales de producción de ladrillos, que utilizan muchos recursos naturales y producen residuos y emisiones de gases de efecto invernadero, además de otras emisiones. El PET es difícil de descomponer, y su acumulación tiene efectos perjudiciales tanto para las plantas como para los animales. La reutilización del PET en ladrillos ecológicos ayuda tanto a beneficiarse de un material desechado como a disminuir su impacto en el medio ambiente (Barbosa et al., 2022, p. 1).

De igual, dado que la producción de ladrillos ecológicos con agregado de PET es un proceso novedoso, es necesario llevar a cabo investigaciones y desarrollar nuevas técnicas y metodologías para garantizar la calidad y la resistencia del producto final. Por ello esta metodología permitirá adquirir conocimiento y comprensión acerca de una técnica novedosa que involucra la incorporación del plástico PET, además, es importante evaluar cómo esta técnica impactará en las propiedades de los ladrillos ecológicos. Llegando así a plantear el objetivo general de la investigación: Determinar la influencia de la utilización de plástico PET como agregado en la elaboración de ladrillos ecológicos; de igual manera sus problemas específicos: Evaluar la influencia de la utilización de plástico PET como agregado en la resistencia a la compresión por unidad de albañilería y compresión en pila para la elaboración de ladrillos ecológicos, evaluar la influencia del material reciclado PET como agregado en el impacto ambiental en la elaboración de ladrillos ecológicos, y evaluar la influencia del material reciclado PET como agregado en los costos de fabricación para la elaboración de ladrillos ecológicos.

## II. MARCO TEÓRICO

En una investigación a nivel nacional llevada a cabo por Bailón (2021), se analizó el impacto del uso de plástico PET como material de construcción en la producción de bloques para muros de cerramiento en el área de la cooperativa Santa Isabel, ubicada en el distrito de Huancayo durante el año 2021. La investigación fue de carácter aplicado y utilizó un enfoque experimental que involucró la construcción de prototipos de bloques de albañilería con diferentes cantidades de plástico PET. Cada porcentaje de dosificación considerado fue evaluado a través de 150 probetas, y se utilizó una muestra no probabilística basada en las características de la investigación. Para medir las propiedades mecánicas, se realizaron pruebas con 30 probetas por cada una de las cinco dosificaciones consideradas, las cuales incluyeron la sustitución del agregado grueso en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Los datos observados fueron registrados mediante una técnica documental y un diseño de campo, utilizando fichas de gabinete. Realicé pruebas para evaluar la resistencia de las unidades de albañilería en diferentes etapas de curado y se observó que las unidades fabricadas con plástico PET presentan un menor deterioro en comparación con las de arcilla. Además, la fabricación de unidades de albañilería con PET es más rentable en términos de costo y área cubierta que las alternativas de arcilla y 18 huecos. En una superficie de 27 m<sup>2</sup>, se necesitan 297 ladrillos PET en comparación con los 1 000 ladrillos de arcilla o 18 huecos. Esto lo convierte en una alternativa más rentable, con un costo unitario de 1.00 sol por cada unidad de albañilería de PET. La sustitución del agregado grueso por plástico PET en la fabricación de bloques de albañilería para construir muros de cerramiento es una opción viable, ya que mejora la resistencia a la tracción y compresión del concreto. Además, se observó que la resistencia del concreto aumenta con una mayor cantidad de PET reciclado. En términos de costo y área cubierta, el uso del ladrillo PET resulta ser una alternativa comercialmente más conveniente que otros tipos de bloques.

Caynamari (2022) realizó un estudio en el distrito de Independencia, Lima, en 2022, cuyo objetivo general fue evaluar cómo los bloques de concreto con plástico (PET) afectan la resistencia de los muros portantes de las viviendas. La investigación se llevó a cabo utilizando una metodología de investigación cuasi-experimental, con



un enfoque cuantitativo y pruebas de resistencia a la compresión en pilas de albañilería, muretes de albañilería y unidades de albañilería de concreto. Para los ensayos de compresión diagonal en muretes, compresión en pilas de albañilería y compresión en unidades de albañilería de concreto, se utilizaron bloques de concreto con plástico (PET) que medían 14.00 cm x 0.90 cm x 24.00 cm y tenían tres agujeros tubulares. Para el ensayo de compresión en unidades de albañilería de concreto, se prepararon un total de 24 unidades de bloques distribuidas en 4 combinaciones diferentes. Los ensayos se llevaron a cabo a los 7 y 28 días. Además, se dispusieron 36 bloques para el ensayo en pilas de albañilería, realizados a los 7, 14 y 28 días. Finalmente, a los 28 días, se emplearon 180 bloques para el ensayo de corte en muretes. Los resultados indicaron que el uso de PET provocó una disminución en la resistencia a la compresión en los ensayos realizados, siendo más notable en la compresión diagonal en muretes de albañilería y en la compresión en pilas de albañilería. En el ensayo de compresión en pilas de albañilería, se observó una disminución en  $f'm$ , que pasó de 224.50 kg/cm<sup>2</sup> a 165.30 kg/cm<sup>2</sup>, y en el ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería, una disminución en  $f'v$ , desde 11.22 kg/cm<sup>2</sup> hasta 5.92 kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, la incorporación de PET en los bloques de concreto reduce la resistencia a la compresión en los muros evaluados en esta investigación.

En cuanto a nivel internacional Gareca et al. (2020) en Bolivia, realizó un estudio el cual tuvo con objetivo principal identificar el proceso adecuado para producir ladrillos ecológicos de alta calidad utilizando residuos inorgánicos, contribuyendo así a reducir la contaminación en la ciudad de Sucre. Los investigadores emplearon un enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo y explicativo, basado en el paradigma positivista. Utilizaron múltiples métodos, incluyendo experimentales, documentales y de observación, y aplicaron una técnica de bloques al azar con cinco repeticiones por cada dosificación para determinar el material con las mejores características constructivas. Realizaron un ensayo bifactorial con un diseño combinatorio. Los resultados revelaron que la incorporación de PET redujo el peso del ladrillo en un 3.64% en comparación con el mortero de cemento de referencia, los ladrillos fabricados con PET mostraron una mayor resistencia a la compresión, alcanzando una resistencia de 128.10 Kg/cm<sup>2</sup> para la dosificación 1. La dosificación

2 con un porcentaje de 3.5% de PET es suficiente para obtener una resistencia comparable al ladrillo común y para reciclar una mayor cantidad de PET. Además, el uso de agregados de plástico reciclado en mezclas de mortero reduce el costo de aislamiento de los muros de cerramiento y mejora el porcentaje de absorción de agua, lo que lo hace adecuado para su uso en muros externos. El estudio demuestra que la adición de material sólido inorgánico de tipo plástico puede contribuir a la construcción de ladrillos más económicos y ecológicos, con propiedades físico mecánicas comparables a las de ladrillos de primera calidad.

En un estudio realizado por Infante y Valderrama (2019) en Chile, se llevó a cabo un Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). La investigación se basó en una metodología experimental que involucró ensayos mecánicos, análisis de precios de mercado y cálculo de huella de carbono. Los resultados revelaron que a medida que aumentaba el porcentaje de PET, la densidad de los bloques disminuía, siendo la pérdida más significativa del 1.84% para la muestra con un 20% de PET. La resistencia a la flexión disminuyó en promedio un 20% en todas las muestras con adición de PET, siendo la muestra con un 20% de PET la que mostró la mayor variación de resistencia, con una disminución del 25%. Además, todas las muestras con agregado de PET presentaron una disminución promedio del 13% en la resistencia a la compresión. La absorción de agua disminuyó en la mayoría de las mezclas, excepto en la mezcla con un 20% de PET. El proceso de fabricación consumió 0,96 kWh/m<sup>3</sup> y generó una emisión de solo 0,0004 kgCO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> debido al uso de maquinaria eficiente. El uso de PET como sustituto de la arena, que es el segundo agregado más contaminante, ayuda a reducir el problema de la extracción de áridos y las emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente. La propuesta consiste en reciclar plástico para la producción de materiales de construcción, con el fin de reducir el impacto ambiental de la industria de la construcción en Chile. Se espera que el porcentaje de reciclaje de plástico aumente a través de la concientización de la sociedad y la implementación de medidas gubernamentales y empresariales. En resumen, los resultados de la investigación señalan oportunidades para la creación de materiales de construcción más sostenibles, lo que permitiría una reducción de

los residuos en la industria de la construcción de manera competitiva y beneficiosa para el medio ambiente.

De acuerdo a la búsqueda de artículos científicos internacionales tenemos a Deraman et al. (2021), indica que hubo un tremendo aumento en los desechos plásticos que impactaron negativamente en el medio ambiente debido a diversas actividades industriales. Además, los desechos plásticos tenían propiedades no biodegradables que dificultaban la reducción de su acumulación en todo el mundo. Por lo tanto, llevó a cabo para investigar la posibilidad de incorporar residuos de plástico (PET) como material de reemplazo parcial de la arena para mejorar las propiedades de aislamiento térmico de los ladrillos de arena de cemento al observar los hallazgos de bajo valor de conductividad térmica. El estudio utilizó una botella de plástico PET que se cortó en pequeños copos y se molió con una máquina granuladora para producir gránulos de residuos de PET cuyo tamaño no superaba los 5 mm, similar al tamaño de la arena. Estos residuos se añadían a otras materias primas, es decir, cemento y arena. Los porcentajes de residuos de PET variaron del 2.5%, 5% y 7.5% en peso. El estudio produjo dos tipos de muestras, es decir, ladrillo de control y ladrillo de arena de cemento de desecho de PET. Todas las muestras se sometieron a trabajos de laboratorio que involucraban pruebas de gradación geotécnica, físicas, mecánicas y de conductividad térmica. Basado en los resultados obtenidos, se determinó que la proporción óptima de reemplazo de residuos de PET en la fabricación de ladrillos de cemento arena es del 5%. Esta proporción logra una conductividad térmica más baja de 0.581 W/mK y cumple con los requisitos estándar de resistencia a la compresión ( $3.90 \text{ MPa} > 3.45 \text{ MPa}$  según ASTM C129-11) y densidad ( $2.146 \text{ kg/m}^3 > 2.000 \text{ kg/m}^3$  para ladrillos no portantes de peso normal según ASTM C129-11). Por lo tanto, se confirma que los desechos de botellas de plástico PET pueden ser un material de reemplazo parcial adecuado para la arena en la fabricación de ladrillos de cemento y arena. Su inclusión en la mezcla no solo mejora la conductividad térmica de los ladrillos, sino que también reduce el consumo de arena, aborda los problemas de los residuos plásticos y fomenta una industria de la construcción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Así mismo Qaidi et al. (2023), En su estudio buscó la incorporaron de residuos de plástico PET al hormigón para sustituir parcialmente el árido fino natural. Llevó a cabo pruebas experimentales en 90 cilindros de hormigón y 54 cubos de hormigón. Se desarrolló una composición de concreto en la cual se sustituyó parcialmente el agregado fino convencional por residuos plásticos PET (PW). Se realizaron tres combinaciones diferentes: 0%, 25% y 50% de reemplazo de PW, junto con diferentes relaciones agua/cemento (a/c) de 0.40, 0.45 y 0.55. Se llevaron a cabo evaluaciones exhaustivas de las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad del concreto. Los resultados de los ensayos revelaron una disminución en diversas características del concreto, como la consistencia, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por división, velocidad del pulso ultrasónico, absorción de agua y porosidad. La degradación aumentó con el aumento del volumen de agregado plástico (AP) y la relación a/c. Sin embargo, también observo algunos resultados positivos, como la disminución de la densidad fresca y seca con el aumento del volumen de PA y la relación a/c, y al utilizar el 50% de PET, la densidad seca fue inferior a  $2\ 000\ \text{kg/m}^3$ , lo que lo clasifica como hormigón ligero. La fractura del hormigón cambió de frágil a más dúctil en comparación con el hormigón de control. Además, la conductividad térmica disminuyó significativamente (11% - 47%), y al utilizar el 50% de PET, la conductividad térmica se redujo a menos de  $0,71\ \text{W/mK}$ , clasificándolo como aislante de rodamientos. Los resultados indicaron que la trabajabilidad del concreto disminuye con la cantidad de PET agregado, y que la densidad y la resistencia a la compresión también disminuyen a medida que se aumenta la proporción de PET y la relación a/c. El concreto PET es recomendado para aplicaciones no estructurales con una tasa de reemplazo máxima del 25%. Las partículas de PET reducen la hidratación del cemento y afectan la ITZ y la entrada de agua durante el curado. Además, la tensión máxima aumenta con la cantidad de PET, pero la resistencia a la compresión es menor que en el concreto convencional. El UPV también disminuye debido a la alta porosidad y estructura de laminación de las partículas PET.

Por consiguiente, Adiyanto et al. (2023), nos dice que los ecoladrillos tienen muchas ventajas, como su fácil disponibilidad y su respeto por el medio ambiente. Por ello realizó un estudio con el objetivo de mejorar la composición del eco-ladrillo

utilizando una mezcla de resina epoxi y partículas de PET. En este estudio, se diseñó una técnica de modelado matemático llamada Método de superficie de respuesta (RSM) utilizando el Diseño compuesto central (CCD). Se utilizaron factores de entrada variables para desarrollar ecoladrillos, como la relación de mezcla (10–90 %), el tamaño de partícula (1–5 mm) y el tiempo de secado (1–7 días), mientras que la respuesta variable incluía la resistencia a la compresión. El diseño experimental completo se desarrolló utilizando el software Design Expert 11 y se generaron experimentos de simulación con 17 conjuntos de parámetros. Las características microestructurales del ecoladrillo se examinaron mediante SEM. Los resultados de los experimentos indicaron que los parámetros más optimizados que se podían utilizar para la aplicación de ecoladrillos eran: un tamaño de partícula de PET de 1.1 mm, una proporción de mezcla del 89.9 % y un tiempo de curado de 6.9 días. Estudios previos relacionados con la fabricación de ecoladrillos mediante la combinación de partículas de PET y resina epoxi han demostrado que estos materiales poseen un considerable potencial para mejorar la resistencia a la compresión. Se empleó el modelo cuadrático como fundamento para el análisis de regresión con el fin de obtener las ecuaciones de respuesta. Dado que la diferencia entre los valores experimentales y anticipados fue inferior al 5%, se concluyó que los resultados de las pruebas experimentales y predictivas mostraron una buena concordancia. El modelo utilizado en este estudio arrojó resultados notables. Como resultado, se mejoró la composición del eco-ladrillo y se encontraron los parámetros más optimizados para su aplicación en la producción de ecoladrillos.

De acuerdo a artículos científicos en otros idiomas tenemos a Silva et al. (2021), buscaban materiales sustentables para su aplicación en la industria de la construcción como respuesta al aumento de los impactos ambientales a nivel mundial. Uno de ellos es el ladrillo ecológico, compuesto por arena, cemento y agua, que no necesita ser quemado ni alimentar hornos, lo que reduce la contaminación y evita la deforestación. Este estudio tuvo como objetivo mejorar las características y propiedades del ladrillo ecológico mediante la adición de vasos desechables triturados en diferentes porcentajes. La metodología utilizada fue la investigación y estudio bibliográfico, y los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Ciencias de los Materiales de la IFPI-PPGEM y en el Laboratorio de

Suelos de la UNIFSA durante el período de agosto de 2020 a marzo de 2021. Llevaron a cabo ensayos de compresión en ladrillos ecológicos utilizando diferentes proporciones de vasos desechables triturados: 0%, 40% y 60%. Los resultados demostraron que el ladrillo con un 40% de vasos desechables triturados exhibió una resistencia a la compresión superior en comparación con las otras dos proporciones evaluadas. En cuanto a la absorción de agua, los especímenes con un 40% de material de vidrio añadido cumplieron con los límites establecidos por la norma, donde el valor individual no podía exceder el 22% y el promedio de valores no podía ser mayor al 20%. Los hallazgos obtenidos de los ensayos mecánicos y la evaluación del material en los laboratorios UNIFSA y PPGEM sugirieron que se podía emplear vasos desechables triturados como parte de la composición del ladrillo ecológico. Sin embargo, solo la proporción que incluía un 40% de vasos añadidos cumplía con las normativas NBR8491/12 y NBR8492/12.

En (2019), Perera et al., sugirieron reemplazar los materiales de construcción convencionales por materiales reciclados como una solución sostenible para mitigar la preocupación por los vertederos y reducir la necesidad de materiales nuevos. Realizaron una evaluación de las propiedades geotécnicas y geoambientales de residuos plásticos de tereftalato de polietileno (PET) y su combinación con dos componentes de residuos de construcción y demolición (C&D). Se evaluaron seis mezclas de PET con agregados de concreto reciclado (RCA) y ladrillo triturado (CB) con 3% y 5% de PET. Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio que abarcaron la distribución del tamaño de partículas, la densidad de partículas, el análisis de tamiz y el índice de descamación, la abrasión de Los Ángeles, la absorción de agua, la compactación Proctor modificada, la conductividad hidráulica y las pruebas de relación de carga de California (CBR). También se realizaron pruebas triaxiales de carga repetida (RLT) para evaluar la respuesta de las mezclas de PET bajo condiciones de carga dinámica repetida. Los resultados indicaron que las seis mezclas de PET cumplían con los requisitos mínimos para su uso como material de subbase y se desempeñaron de manera satisfactoria en las pruebas RLT. Se evaluó la geoambientalidad de las mezclas de PET mediante la determinación del contenido de materia orgánica, el valor de pH y la concentración total/lixiviado de los materiales reciclados para varios

componentes contaminantes. Los resultados cumplieron con los requisitos ambientales para el uso de las mezclas de PET con RCA y CB. Las mezclas de PET con RCA y CB pueden utilizarse como material de subbase con propiedades geotécnicas y geoambientales satisfactorias.

Akinyele y Adigun (2020), realizaron un estudio sobre el tereftalato de polietileno (PET), un material no biodegradable comúnmente utilizado en el empaque de productos debido a su resistencia al ataque químico y la degradación ambiental. El objetivo de la investigación fue encontrar una forma adecuada de eliminar este material y propuso su reutilización como adición a la arcilla en ladrillos cocidos. El PET se mezcló con arcilla de laterita en diferentes proporciones, incluyendo 0%, 5%, 10%, 15% y 20%, y se coció en un horno a alrededor de 900 °C durante 48 horas. Después, las muestras fueron sometidas a pruebas de absorción de agua, contracción durante la cocción, densidad y pruebas mecánicas. Los resultados obtenidos revelaron que las muestras de ladrillo con un 15% y un 20% de PET experimentaron desintegración a altas temperaturas, mientras que las muestras con porcentajes más bajos sufrieron deformación en sus bordes. Los valores de resistencia a la compresión y módulo de ruptura en las muestras que contenían un 0%, un 5%, y un 10% de PET fueron los siguientes: Para la resistencia a la compresión, los valores fueron 5.15, 2.30 y 0.85 N/mm<sup>2</sup>, respectivamente, y en cuanto al módulo de ruptura, se registraron valores de 13, 20, 11.96 y 8.53 N/mm<sup>2</sup>, respectivamente. En relación a la absorción de agua, los resultados para las tres muestras arrojaron porcentajes del 10.29%, 9.43% y 6.57%, respectivamente, y todos se mantuvieron dentro de los límites aceptables. Como conclusión de la investigación, como resultado de la investigación, se llegó a la conclusión de que es factible emplear menos del 5% de PET en la producción de ladrillos cocidos en ambientes controlados. Esto se debe a que los materiales PET se funden durante el proceso de cocción debido a su bajo punto de fusión, que es de 250°C. La resistencia a la compresión de los ladrillos de PET también fue baja, pero la muestra M5 mostró algunos resultados aceptables en eficiencia estructural en comparación con la muestra de control. Esto implica que los ladrillos que contienen un 5% de PET o menos pueden funcionar bien, pero se necesita más investigación. Las propiedades macroestructurales de los ladrillos revelaron el motivo del bajo

rendimiento de los ladrillos de PET bajo carga. Con las observaciones anteriores, el PET se puede utilizar como sustituto en ladrillos cocidos si la cantidad a utilizar es inferior al 5% y la temperatura está bien controlada durante el proceso de cocción.

El Plástico Tereftalato de Polietileno (PET) es un poliéster aromático termoplástico semicristalino que se destaca por su ligereza, alta transparencia, resistencia y buenas propiedades mecánicas. Se utiliza comúnmente en envases de alimentos y productos cosméticos debido a estas características. El proceso común de reciclaje del PET implica su mezcla con otros tipos de plásticos o rellenos con el fin de obtener mezclas que presenten propiedades mecánicas y térmicas distintas a las de los polímeros puros. Esto añade valor a las materias primas utilizadas (Lazzari et al., 2020, p. 1).

El PET es un material plástico con características como su ligereza, resistencia mecánica, transparencia, conservación de sabor y aroma de alimentos, capacidad para ser reciclado al 100% y producir envases reutilizables. Debido a estas propiedades, ha reemplazado a otros materiales como el PVC en su uso en la producción de envases de bebidas gaseosas y aguas minerales. Sin embargo, a pesar de su reciclabilidad, las botellas de PET son generalmente desechables y se terminan depositando en rellenos sanitarios junto con los residuos domiciliarios. El PET es producido utilizando petróleo crudo, gas y aire como materiales principales. El petróleo crudo representa el 64% de la materia prima utilizada, mientras que el 23% es derivado líquido del gas natural y el 13% restante es aire. El proceso se inicia extrayendo el paraxileno del petróleo crudo, el cual posteriormente se oxida con aire para obtener ácido tereftálico. Este ácido se utiliza en la producción de PET (Alesmar, Rendón, y Korody, 2008, p. 77).

Existen distintas categorías de plásticos que se pueden dividir en siete tipos. Uno de los tipos es el tereftalato de polietileno, también conocido como PET, que se utiliza para fabricar botellas de agua y refrescos. Otro ejemplo es el polietileno de alta densidad, conocido como PEAD o HDPE, que se utiliza en la fabricación de envases químicos, botes de crema y otros productos similares. Estos plásticos



pueden ser reciclados y utilizados para la fabricación de contenedores y recipientes que requieren alta resistencia térmica. Por otro lado, existen plásticos como el PVC, LDPE o PEBD, PP, PS y otros tipos, que no son reciclables debido a que son altamente contaminantes. En cuanto a las Propiedades del plástico (PET), por lo general, estos materiales se distinguen por su alta resistencia en comparación con el aislamiento térmico, la densidad, el aislamiento eléctrico, la resistencia a álcalis, disolventes, ácidos, entre otros. Al considerar estas características, se puede concluir que el PET es un componente adecuado para su inclusión en mezclas seleccionadas. Específicamente, el tereftalato de polietileno presenta funciones importantes, como una alta resistencia al desgaste, resistencia química, comportamiento ante la tensión, un coeficiente de fricción mejorado y buenas propiedades térmicas. Al incorporar PET en el concreto, las botellas fabricadas con este material ofrecen ventajas significativas. Por ejemplo, el concreto que contiene este polímero muestra una mayor resistencia a la compresión y flexión en comparación con el concreto de cemento Portland convencional. Además, el concreto polimérico logra más del 80% de su resistencia máxima en tan solo un día (Ge et al., 2013, p. 81).

Los ladrillos ecológicos son considerados amigables con el medio ambiente, se conocen como bloques de material arcilloso comprimido, mientras que en nuestro país se les llama ladrillos de tierra comprimida o ecológicos, según la NTP E.070-albañilería (San Bartolomé, 1971, p. 2- 3).

Estos ladrillos tienen buenas propiedades y son resistentes a cargas y agentes naturales. Además, son más baratos y ligeros que los ladrillos convencionales, y son buenos aislantes térmicos, lo que disminuye los costos de mantenimiento de las viviendas. También son resistentes a los agentes externos, duraderos y resistentes, y pueden soportar cargas pesadas (Antico et al., 2017, p. 518).

Cuando se trata del diseño de una mezcla, se involucra un proceso compuesto por una serie de pasos secuenciales. Este proceso comienza con la selección cuidadosa de los materiales necesarios, como el agua, el agregado, el cemento y los aditivos. A continuación, se determinan las cantidades relativas de cada material

para producir una mezcla que sea económica, resistente, fácil de trabajar y con buena resistencia. La proporción de cada material utilizado en la mezcla dependerá completamente de la pureza de sus componentes originales (Alesmar et al., 2008, p. 76).

La prueba de resistencia a la compresión axial se lleva a cabo en pilas, que pueden consistir en unidades de albañilería sólida o hueca, como ladrillos o bloques. Para determinar la resistencia, se divide la carga máxima soportada por la sección transversal bruta del elemento, ajustando este valor con el factor de esbeltez establecido en la norma E.070. En caso de que la edad de las pilas no sea de 28 días, se aplican factores de corrección. Después de realizar la prueba, se obtiene un promedio y una desviación estándar de la muestra ensayada. Para evaluar la resistencia característica, se resta al valor promedio una desviación estándar, según lo establecido en la norma E.070:  $f'_m = f_m \cdot \sigma$  (Ikechukwu y Shabangu, 2021, p. 1). Por otro lado, la prueba de resistencia a la compresión diagonal se utiliza para evaluar la interacción entre las unidades de ladrillo y el mortero en la construcción de muros de albañilería. Esta prueba ayuda a determinar la proporción óptima de mortero para asegurar un comportamiento adecuado de las unidades de ladrillo en el muro (Ikechukwu y Shabangu, 2021, p. 1).

El análisis de contenido de humedad se emplea para determinar la cantidad de agua presente en los agregados, como la arena, ya que esto puede influir en las características físicas de las muestras de prueba, como su peso, densidad y viscosidad, entre otras. Este análisis se realiza midiendo la disminución de peso experimentada por la muestra al ser sometida a un proceso de secado (Hoła, 2020, p. 1).

Además, uno de los aspectos a considerar es el impacto ambiental, que se refiere a las medidas tomadas para gestionar el sistema ambiental de manera integral, con el fin de lograr una buena calidad de vida, prevenir problemas ambientales y promover el desarrollo sostenible. La gestión ambiental se encarga de establecer estrategias para lograr estos objetivos, manteniendo un equilibrio entre la preservación del medio ambiente, la utilización racional de los recursos, el

desarrollo económico y el crecimiento de la población. Esto implica no solo acciones operativas, sino también políticas formuladas por las autoridades responsables (Yahya y Boussabaine, 2010, p. 206).

Para llevar a cabo esta evaluación, se emplea el método de Leopold, el cual fue inicialmente diseñado para la evaluación de los impactos de proyectos mineros y posteriormente ampliado para su aplicación en proyectos de construcción. La base de este método implica la creación de una matriz que establece relaciones específicas de causa y efecto para cada proyecto. La matriz es una lista de control bidimensional que muestra las características del proyecto en una dimensión y las categorías ambientales afectadas en otra dimensión. Principalmente, se emplea como una lista de control que ordena de manera estructurada los resultados de la evaluación y que incorpora información cualitativa sobre las relaciones de causa y efecto (Leopold et al., 1971, p. 4-10).

Del mismo modo, en términos de costos, los ladrillos ecológicos están principalmente compuestos de plástico PET. Este material es fácil de obtener y tiene un costo más bajo en comparación con los materiales de construcción convencionales como el ladrillo de arcilla. El plástico PET se utiliza en la fabricación de los ladrillos ecológicos, lo que significa que el producto final es más económico y accesible para personas con recursos económicos limitados. Además, un análisis de costos revela que el costo por unidad de albañilería es de 1.00 sol y se requieren solo 11 unidades por metro cuadrado, en contraste con los 37 ladrillos convencionales por metro cuadrado (Sánchez et al., 2018, p. 29).

En cuanto a los enfoques conceptuales se refiere a las palabras más utilizadas en esta investigación, estas palabras son las más representativas: Ladrillos ecológicos: son ladrillos que en su composición y en su diseño de mezcla tienen plástico (PET) triturado en diferentes porcentajes, el cual presenta mejores propiedades físico mecánicas que otros ladrillos convencionales (Gareca et al., 2020, p.1); PET: es un plástico que destaca por ser poliéster termoplástico semicristalino y aromático, que presenta alta transparencia, resistencia y propiedades mecánicas (Lazzari et al., 2020, p. 52-53); Agregado: es un material

articulado utilizado en la mezcla de los ladrillos ecológicos pueden ser arena, piedra triturada entre otros (Zulkernain et al., 2021).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

La investigación tuvo aplicación práctica, ya que se basó en teorías previas para llevar a cabo pruebas relacionadas con la resistencia a la compresión por unidad de albañilería y compresión en pilas de los ladrillos ecológicos, así como para evaluar el impacto ambiental y los costos de fabricación de los ladrillos ecológicos de PET. El objetivo es buscar la relación entre estas variables y utilizar la información obtenida de los ensayos previos (González y Gallardo, 2021, p. 68).

##### **Enfoque de investigación**

El estudio combina dos enfoques, siendo el cuantitativo el enfoque principal, ya que se basa en el análisis de datos obtenidos a través de la observación y medición de variables e indicadores. La teoría guía la observación y el análisis en este enfoque. Además, hay una parte cualitativa que se centra en los aportes formales del material y en la innovación de tecnologías alternativas. En resumen, la investigación se fundamenta en la observación y medición de datos para obtener conclusiones (Hernández y Baptista, 2014, p. 4 -18).

##### **3.1.2. El diseño de la investigación**

Esta investigación adopto un diseño experimental y cuasi experimental, ya que incorporo de manera gradual plástico PET (en porcentajes de 0%, 10%, 25% y 40%) en la composición de un ladrillo. Se analizará cómo estas variables independientes, en este caso el plástico PET, afectan a la variable dependiente de las propiedades del ladrillo, así como a los efectos de producción, como el impacto ambiental y los costos de producción (González y Gallardo, 2021, p. 73 - 75).

## **El nivel de la investigación**

El nivel de esta investigación se caracterizará por ser descriptivo-explicativo, ya que se emplearon fichas de observación para recopilar datos y se establecieron la relación de causa y efecto entre las variables de estudio (Tecana American University, 2021).

### **3.2. Variables y operacionalización**

Variable independiente - plástico PET

Definición conceptual: el PET, también conocido como Plástico Tereftalato de polietileno, es un tipo de plástico que se caracteriza por ser un poliéster termoplástico y semicristalino. Debido a su ligereza, alta transparencia, resistencia y buenas propiedades mecánicas, es ampliamente utilizado en la fabricación de envases para alimentos y productos cosméticos. Actualmente, el PET se recicla comúnmente mezclándolo con otros tipos de plásticos o rellenos, lo que resulta en mezclas con diferentes propiedades mecánicas y térmicas en comparación con los polímeros puros. Esta técnica agrega valor a las materias primas utilizadas. (Lazzari et al., 2020, p. 1).

Definición operacional: en este trabajo de investigación el plástico será utilizado como agregado en la mezcla para la elaboración de ladrillos ecológicos, utilizando porcentajes (0%, 10%, 25%, 40%), para probar si es que mejoran sus propiedades mecánicas del ladrillo y así mismo tener un producto de presupuesto menor y amigable con el ambiente.

Variable dependiente - Propiedades del ladrillo ecológico y efectos de producción

Definición conceptual: los ladrillos ecológicos utilizando plástico PET como agregado en el diseño de mezcla son productos que permiten resistencia a la compresión, además de que se usa menos presupuestos y es un método que es beneficioso para el ambiente debido a que se utilizan productos PET reciclados (San Bartolomé, 1971, p. 2- 3).

Definición operacional: Esta variable se medirá a través de la aplicación de técnicas en laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico utilizando como plástico PET en diferentes porcentajes en el diseño de mezcla, así mismo el impacto ambiental se medirá mediante la matriz de Leopold la cual implica el desarrollo de una matriz para establecer relaciones de causa y efecto, es una lista de control bidimensional que muestra las características del proyecto en una dimensión y las categorías ambientales afectadas en otra. Y por último se aplicará una comparativa entre los costos de producción de un ladrillo ecológico y un ladrillo convencional.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLES   | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES   | INDICADORES   | ESCALA DE MEDICIÓN | METODOLOGÍA  |
|---|--|--|---|---|--------------------|--|
| <p><b>Variable independiente</b></p> <p><b>Plástico PET</b></p> | <p>El PET, también conocido como Plástico Tereftalato de polietileno, es un tipo de plástico que se caracteriza por ser un poliéster termoplástico semicristalino y aromático. Debido a su ligereza, alta transparencia, resistencia y buenas propiedades mecánicas, es ampliamente utilizado en la fabricación de envases para alimentos y productos cosméticos. Actualmente, el PET se recicla comúnmente mezclándolo con otros tipos de plásticos o rellenos, lo que resulta en mezclas con diferentes propiedades mecánicas y térmicas en comparación con los polímeros puros. Esta técnica agrega valor a las materias primas utilizadas. (Lazzari, et al. 2020, p. 1).</p> | <p>En este trabajo de investigación el plástico será utilizado como agregado en la mezcla para la elaboración de ladrillos ecológicos, utilizando porcentajes (0%, 10%, 25%, 40%), para probar si es que mejoran sus propiedades mecánicas del ladrillo y así mismo tener un producto de presupuesto menor y amigable con el ambiente.</p> | <p>Porcentajes de plástico PET (Dosificaciones)</p> | <p>10% de PET</p> <p>25% de PET</p> <p>40% de PET</p> | <p>Balanza</p>     | <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Enfoque de investigación: Mixto</p> <p>Diseño de investigación: Experimental y cuasi experimental</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo explicativo</p> <p>Población: Botellas de plástico Pet recicladas (3 kg)</p> <p>Muestra: Plástico Pet seleccionado sin tapas ni etiquetas (2 kg)</p> <p>Muestreo: No probabilístico</p> <p>Unidad de análisis: Ladrillos ecológicos</p> <p>Técnica: Observación y registros bibliográficos</p> <p>Instrumento: Ficha de resultados de laboratorio y ficha de observación de datos</p> |

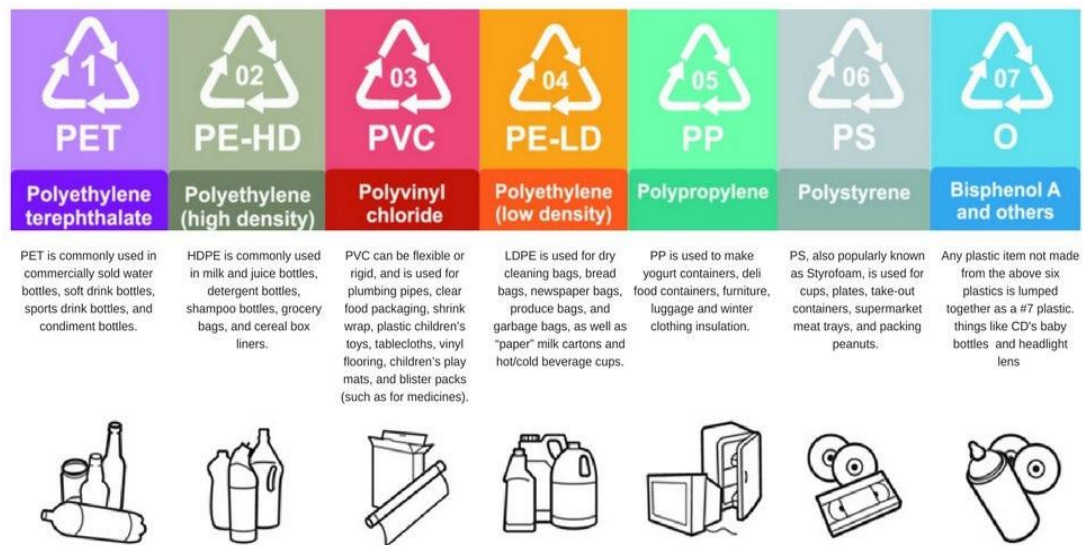


|   |   |   |   |  |  |
|---|---|---|---|--|--|
| <p><b>Variable dependiente</b></p> <p><b>Propiedades del ladrillo ecológico y efectos de producción</b></p> | <p>Los ladrillos ecológicos utilizando plástico PET como agregado en el diseño de mezcla son productos que permiten resistencia de compresión además de que se usa menos presupuestos y es un método que es beneficioso para el ambiente debido a que se utilizan productos PET reciclados (San Bartolomé 1971, p. 2- 3).</p> | <p>Esta variable se medirá a través de la aplicación de técnicas en laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico utilizando como plástico PET en diferentes porcentajes en el diseño de mezcla, así mismo el impacto ambiental se medirá mediante la matriz de Leopold la cual se basa en el desarrollo de una matriz para establecer relaciones de causa-efecto es una lista de control bidimensional que muestra las características del proyecto en una dimensión y las categorías ambientales afectadas en otra. Y por último se aplicará una comparativa entre los costos de producción de un ladrillo ecológico un ladrillo convencional.</p> | <p>Propiedades</p> <p>Efectos de producción</p> | <p>Resistencia a la compresión de los ladrillos (kg/cm<sup>2</sup>)</p> <p>Costos de producción unitario (S/)</p> <p>Matriz de Leopold (Impacto ambiental)</p> | <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Enfoque de investigación: Mixto</p> <p>Diseño de investigación: Experimental y cuasi experimental</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo explicativo</p> <p>Población: botellas de plástico Pet recicladas (3 kg)</p> <p>Muestra: Plástico Pet seleccionado sin tapas ni etiquetas (2 kg)</p> <p>Muestreo: No probabilístico</p> <p>Unidad de análisis: Ladrillos ecológicos</p> <p>Técnica: Observación y registros bibliográficos</p> <p>Instrumento: Ficha de resultados de laboratorio y ficha de observación de datos</p> |
|---|---|---|---|--|--|

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1 Población

La población se define como un grupo finito o infinito, que comparten características similares o comunes entre sí (González y Gallardo 2021, p. 113). En esta investigación la población fueron las botellas de plástico PET recicladas de la provincia de Tumbes, departamento de Tumbes de 3 kg, en la fig. 1 se muestra los indicadores para poder identificar el PET en las botellas: Figura 1. Clasificación del plástico



Fuente: Reproducido de Tipos de plásticos de Master logística, (2019)

#### 3.3.2 Muestra

La muestra es una parte de la población, se considera un sub conjunto de la población total que se desea estudiar (González y Gallardo 2021, p. 118). Para esta investigación la muestra fue de 2 kg el cual es el peso del plástico PET reciclado cabe señalar que este plástico no contiene las etiquetas ni tapas de botellas para utilizarlas en la fabricación de los ladrillos ecológicos y realizarle los ensayos explicados anteriormente cabe mencionar que todos estos ensayos serán según la Norma Técnica Peruana E-070.

### **3.3.3 Muestreo**

El muestreo implica examinar una muestra para obtener un estadígrafo que represente la población a partir de un cálculo o una operación estadística. La técnica de muestreo se usa para poblaciones grandes, mientras que para poblaciones pequeñas no es necesaria (González y Gallardo 2021, p. 114). Para esta investigación el muestreo fue no probabilístico debido a que no se dependerá de una formula, si no solamente de la cantidad de ensayos de acuerdo a los porcentajes de plástico PET (0%, 10%, 25%, 40%) a utilizar.

### **Unidad de análisis**

La unidad de análisis en una investigación se define como el objeto de estudio a partir del cual se recopilan los datos o información para su posterior análisis (González y Gallardo 2021, p. 118). La unidad de análisis para este trabajo son los ladrillos ecológicos que se fabricarán utilizando plástico PET como agregado el cual se irá probando en el diseño de la mezcla en diferentes porcentajes.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnicas**

Las técnicas de investigación son un conjunto de procedimientos organizados que ayudan al investigador a obtener una mejor comprensión de su tema de estudio y a desarrollar nuevas líneas de investigación. Estas técnicas son aplicables en cualquier campo del conocimiento que busque comprender de manera lógica y científica los hechos y eventos que nos rodean (Maya 2014, p. 4). En este estudio de investigación, se ha optado por utilizar la técnica de observación como método para recopilar información, con el objetivo de encontrar posibles soluciones al problema planteado y lograr los objetivos propuestos en la investigación. Además, se emplearán registros bibliográficos, siguiendo las indicaciones de las normas NTP 399.604 y NTP 399.613.

### **Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento utilizado para recopilar datos es una herramienta que los investigadores emplean para obtener la información necesaria en su proyecto de

investigación. Su principal objetivo es obtener datos directos de la población o fenómenos que se desean estudiar o construir (Rodrigo 2022, párr. 2-3). En este estudio, se emplearon métodos de observación, ensayos de laboratorio y fichas de recolección de datos, como se describe en la tabla 2 a continuación.

Tabla 2. Instrumentos de recolección de datos

| <b>Ensayo</b>  | <b>Instrumento</b>             |
|--|--------------------------------|
| <b>Ensayo de resistencia a la compresión en unidades de albañilería y en pilas (f'm)</b> | Ficha de recopilación de datos |
| <b>Matriz Leopold</b>  | Ficha de recopilación de datos |
| <b>Análisis de costos unitarios</b>  | Ficha de recopilación de datos |

Fuente: Adaptado de Pérez, (2021).

### **Validez**

En relación a la validez, se trata de la medida en que un instrumento puede medir con precisión la variable que se pretende evaluar (Hernández et al., 2014, p. 200). En este estudio, los instrumentos utilizados serán validados por expertos en el campo de la ingeniería civil y/o ingeniería de materiales. Estos expertos serán responsables de verificar y emitir su aprobación con respecto a la idoneidad y confiabilidad de los instrumentos utilizados en la investigación.

### **Confiabilidad de los instrumentos**

La consistencia de un instrumento de medición se refiere a su capacidad para obtener resultados similares cuando se aplica varias veces en el mismo individuo u objeto (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p. 200). En esta investigación, la confiabilidad del instrumento se evaluará mediante la obtención de resultados similares a los estudios iniciales realizados, lo que permitirá identificar posibles problemas durante el proceso. Estos estudios proporcionarán certificados con los resultados óptimos que se utilizarán en los diversos ensayos.

### **3.5. Procedimientos**

Para elaborar los ladrillos ecológicos, se llevó a cabo la recolección y clasificación del plástico PET, este plástico se recolectó de un punto de acopio (Recicladora Metalnorte EIRL) ubicado en el AA.HH. Mafalda lama – Puyango – Tumbes y se clasificará separando aquellos que son PET eliminando las demás impurezas, este proceso se llevó a cabo en el mismo centro de acopio mencionado anteriormente, posteriormente se realizó la limpieza y trituración de los plásticos PET que se realizó mediante una trituradora mecánica ubicada en el distrito de Corrales específicamente en CC.PP. San Isidro, luego que ya se tiene el plástico PET clasificado y en condiciones óptimas para ser utilizado como agregado se procedió a realizar la mezcla, cabe mencionar que se probarán (0%, 10%, 25%, 40%), del plástico PET.

En tal sentido se procedió a la etapa de la mezcla la cual se realizó utilizando un recipiente adecuado al cual se le agrego, arcilla, agua, cáscara de arroz, tierra tratada y PET en proporciones variables, después la mezcla obtenida se procedió a agregar sobre moldes de ladrillos ecológicos los cuales se obtuvieron de una ladrillera ubicada en CC.PP. Pampa Grande – Sector Santa Catalina – Tumbes, con medidas 9 cm x 13 cm x 24 cm, y se dejaron secar a temperatura ambiente por 7 días, después se llevó a la etapa de cocción (calor), en un horno artesanal para que adquieran la resistencia y características que se requiere, finalmente el ladrillo ecológico estuvo listo para sus análisis correspondientes. De igual forma los ensayos se realizaron de acuerdo a las normativas en curso tanto la compresión por unidad de albañilería y compresión en pilas con las normas E.070 la cual se detalla en la tabla 3, de igual manera se midió el impacto ambiental con la matriz de Leopold y el análisis de costos unitarios mediante ficha de observación de datos. Cabe mencionar que este procedimiento fue sacado de Pérez (2021), con algunas modificaciones.

Tabla 3. Resistencias características de la albañilería MPa (kg/cm<sup>2</sup>)

| <b>RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA MPa (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |                       |                 |                 |
|---|-----------------------|-----------------|-----------------|
| <b>MATERIA PRIMA</b>  | <b>DENOMINACIÓN</b>   | <b>UNIDAD</b>   | <b>PILAS</b>    |
|   |                       | $f_{\text{b}}$  | $f_{\text{p}}$  |
|   |                       | $f_{\text{b}}'$ | $f_{\text{p}}'$ |
|   |                       | b               | mm              |
| <b>Arcilla</b>  | King Kong Artesanal   | 5,4 (55)        | 3,4 (35)        |
|   | King Kong Industrial  | 14,2 (145)      | 6,4 (65)        |
|   | Rejilla Industrial    | 21,1 (215)      | 8,3 (85)        |
| <b>Sílice-cal</b>   | King Kong Normal      | 15,7 (160)      | 10,8 (110)      |
|   | Dédalo                | 14,2 (145)      | 9,3 (95)        |
|   | Estándar y mecano (*) | 14,2 (145)      | 10,8 (110)      |
| <b>Concreto</b>   | Bloque Tipo P (*)     | 4,9 (50)        | 7,3 (74)        |
|   |                       | 6,4 (65)        | 8,3 (85)        |
|   |                       | 7,4 (75)        | 9,3 (95)        |
|   |                       | 8,3 (85)        | 11,8 (120)      |

Figura 2. Procedimiento de la elaboración del ladrillo ecológico



### **3.6. Método de análisis de datos**

La técnica de análisis es un método que implica examinar los hechos mediante el uso de cifras y expresiones para garantizar la fiabilidad y la validez de la información obtenida (González y Gallardo 2021, p. 118). De acuerdo a esta definición el método de análisis para esta investigación serán las diferentes pruebas de laboratorio que se le realizaron a los ladrillos ecológicos que contendrán diferentes porcentajes de agregado (0%,10%, 25%, 40%) de plástico PET.

### **3.7. Aspectos éticos**

Esta investigación es de autoría propia, la investigación es inédita, manifiesto que me someto durante y después de la investigación al software anti plagio denominado TURNITIN; así mismo, señalo que cumplo el código de ética del investigador emanado de la RCU N° 0470 - 22/2022 y por último esta investigación se ha desarrollado siguiendo las Normas ISO 690 - 2. Esta investigación se desarrolla de manera transparente y honesta, sin distorsionar los resultados para obtener beneficios económicos o políticos y considerando la responsabilidad social de la universidad Cesar Vallejo en el desarrollo social y económico del país, así mismo se citaron todos los resultados y conocimientos que se utilizaran de otros autores.



#### IV. RESULTADOS

##### PROCESO DE ELABORACIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO

Se elaboraron en total 48 ladrillos con un molde de medidas de 9 cm x 13 cm x 24 cm, 3 ladrillos para el ensayo de resistencia a la compresión por unidades de albañilería de cada porcentaje de plástico PET (0%, 10%, 25% y 40%), de igual manera se elaboraron 9 ladrillos por porcentaje de plástico PET (0%, 10%, 25% y 40%) para el ensayo de resistencia a la compresión en pilas. En cuanto al diseño de mezcla se elaboró en base al peso de un ladrillo patrón (3.35 kg), los porcentajes de cada diseño de mezcla se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Diseño de mezcla para la elaboración de ladrillos ecológicos con plástico PET (0%,10%, 25%, 40%)

| <b>Porcentajes de PET</b>  | <b>Materiales</b>  |
|----------------------------|--|
| <b>0% de plástico PET</b>  | 59% de Arcilla; 15% Tierra tratada; 1% Cáscara de arroz; 25% de Agua                 |
| <b>10% de plástico PET</b> | 59% de Arcilla, 10% de PET (15% de Tierra tratada); 1% Cáscara de arroz; 25% de Agua |
| <b>25% de plástico PET</b> | 59% de Arcilla; 25% de PET (15% de Tierra tratada); 1% Cáscara de arroz; 25% de Agua |
| <b>40% de plástico PET</b> | 59% de Arcilla, 40% de PET (15% de Tierra tratada); 1% Cáscara de arroz; 25% de Agua |

##### **Cálculos realizados para obtener las cantidades necesarias de los materiales para la elaboración de un ladrillo ecológico por cada porcentaje de plástico PET (0%,10%, 25%, 40%)**

Se realizaron los cálculos correspondientes partiendo del peso del ladrillo patrón (3.35 kg), utilizando materiales como arcilla, tierra tratada, PET, cáscara de arroz y agua. En la siguiente tabla 5 se muestra la cantidad de material utilizado en la

elaboración del ladrillo ecológico para diferentes porcentajes de plástico PET (0%, 10%, 25%, 40%). También se señalan las dosificaciones las cuales pueden variar de acuerdo al estado y calidad de los materiales a utilizar, así como también de las condiciones climatológicas y de composición de cada material.

Tabla 5. Cantidades de los materiales para la elaboración de los ladrillos ecológicos

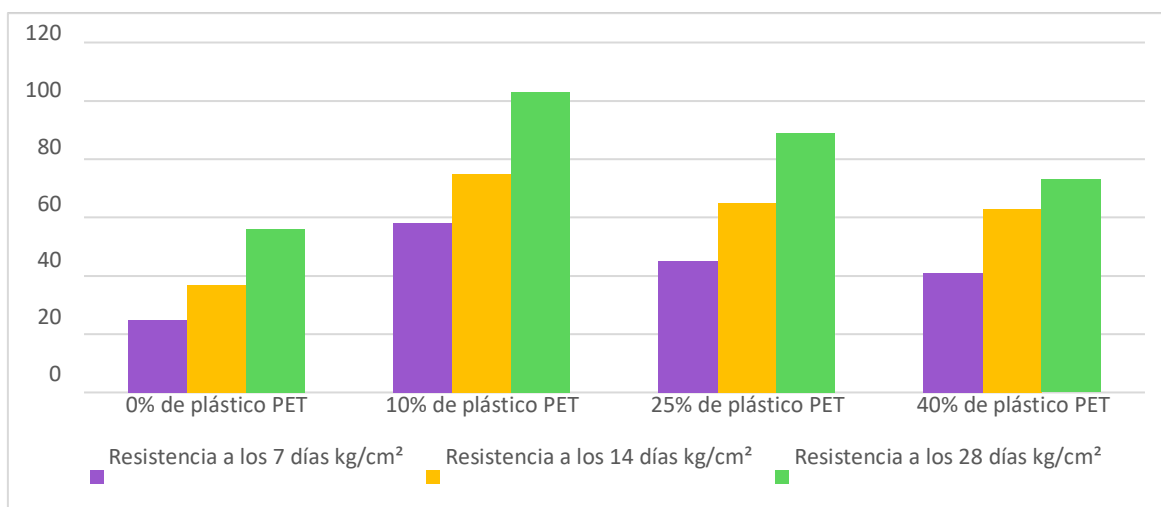
| <b>Porcentajes de plástico PET</b> | <b>Arcilla (kg)</b> | <b>Tierra Tratada (kg)</b> | <b>PET (kg)</b> | <b>Cáscara de arroz (kg)</b> | <b>Agua (lt)</b> |
|------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|
| <b>0%</b>                          | 1.98                | 0.50                       | 0               | 0.03                         | 0.84             |
| <b>10%</b>                         | 1.98                | 0.45                       | 0.05            | 0.03                         | 0.84             |
| <b>25%</b>                         | 1.98                | 0.37                       | 0.13            | 0.03                         | 0.84             |
| <b>40%</b>                         | 1.98                | 0.30                       | 0.201           | 0.03                         | 0.84             |

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

Tabla 6. Resistencia a la compresión por unidad de albañilería

| <b>Muestra</b>             | <b>Resistencia - 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Resistencia - 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Resistencia - 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|----------------------------|---|--|--|
| <b>0% de plástico PET</b>  | 25 kg/cm <sup>2</sup>                           | 37 kg/cm <sup>2</sup>                            | 56 kg/cm <sup>2</sup>                            |
| <b>10% de plástico PET</b> | 58 kg/cm <sup>2</sup>                           | 75 kg/cm <sup>2</sup>                            | 103 kg/cm <sup>2</sup>                           |
| <b>25% de plástico PET</b> | 45 kg/cm <sup>2</sup>                           | 65 kg/cm <sup>2</sup>                            | 89 kg/cm <sup>2</sup>                            |
| <b>40% de plástico PET</b> | 41 kg/cm <sup>2</sup>                           | 63 kg/cm <sup>2</sup>                            | 73 kg/cm <sup>2</sup>                            |

Figura 3. Resistencia a la compresión en unidades de albañilería



Al analizar los resultados, se observa que la resistencia a la compresión aumenta a medida que pasa el tiempo en todos los casos. Esto es esperado, ya que el fraguado y el endurecimiento de los materiales continúan con el tiempo. En cuanto al efecto del porcentaje de plástico PET en la resistencia a la compresión, se puede destacar que a los 7 días la muestra sin plástico PET presenta la resistencia más baja, con un valor de 25 kg/cm<sup>2</sup>. La muestra con un 10% de plástico PET muestra un aumento significativo en la resistencia, alcanzando los 58 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, las muestras con un 25% y un 40% de plástico PET presentan valores más bajos en comparación con la muestra con un 10% de plástico PET, con 45 kg/cm<sup>2</sup> y 41 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Esto puede sugerir que un porcentaje más alto de plástico PET no necesariamente conduce a una mayor resistencia en este período de tiempo. Así mismo a los 14 días la muestra sin plástico PET aumenta su resistencia a 37 kg/cm<sup>2</sup>. La muestra con un 10% de plástico PET continúa mostrando un aumento constante en la resistencia, alcanzando los 75 kg/cm<sup>2</sup>. Las muestras con un 25% y un 40% de plástico PET también experimentan un incremento en la resistencia, con valores de 65 kg/cm<sup>2</sup> y 63 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Aunque son menores que la muestra con un 10% de plástico PET, muestran un progreso constante. Y por último a los 28 días la muestra sin plástico PET alcanza una resistencia de 56 kg/cm<sup>2</sup>. La muestra con un 10% de plástico PET sigue siendo la que muestra la mayor resistencia, con un valor de 103 kg/cm<sup>2</sup>. Las muestras con un 25% y un 40% de plástico PET también aumentan su resistencia, llegando a 89 kg/cm<sup>2</sup> y 73 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Se puede observar que la adición de plástico PET en la mezcla tiene un impacto positivo en la resistencia a la compresión en comparación con la muestra sin plástico PET. Sin embargo, existe un punto de saturación donde un porcentaje más alto de plástico PET no necesariamente se traduce en una mayor resistencia. Los resultados a los 14 y 28 días muestran una tendencia constante de aumento en la resistencia a medida que aumenta el tiempo y el porcentaje de plástico PET. Estos datos podrían ser útiles para optimizar la mezcla y tomar decisiones sobre el uso del plástico PET en los ladrillos ecológicos.

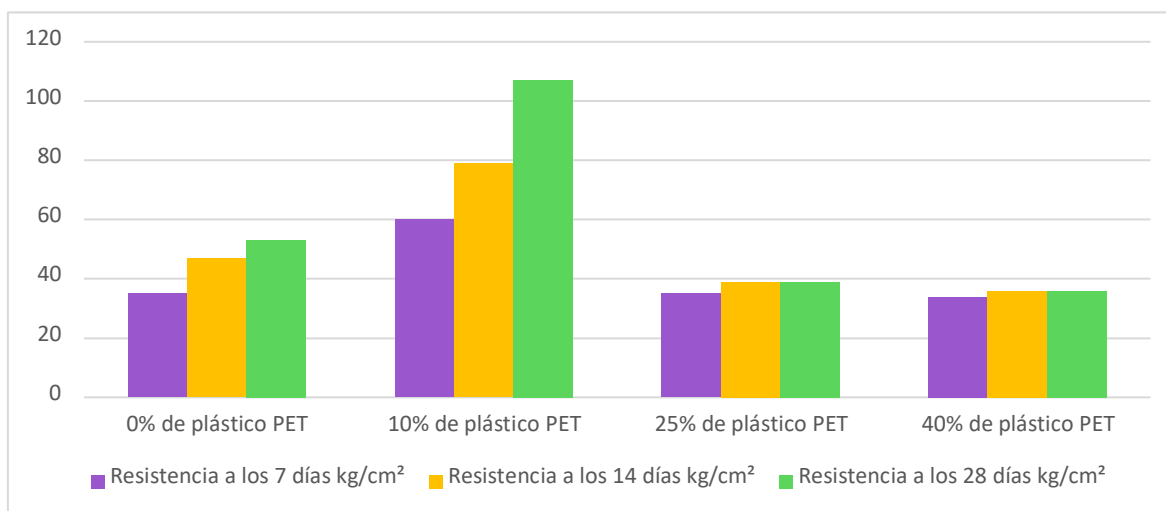
En cuanto a la comparativa con la norma E. 070 el 0% de plástico PET de la resistencia a la compresión es de 25 kg/cm<sup>2</sup> (7 días), 37 kg/cm<sup>2</sup> (14 días) y 56 kg/cm<sup>2</sup> (28 días). Los valores del día 7 y 14 no cumple con la norma ya que el mínimo valor es de 55 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, el valor del día 28 con 56 kg/cm<sup>2</sup> cumplen con el mínimo establecido por la norma E.070; en cuanto al 10% de plástico PET, la resistencia a la compresión es de 58 kg/cm<sup>2</sup> (7 días), 75 kg/cm<sup>2</sup> (14 días) y 103 kg/cm<sup>2</sup> (28 días). Estos valores superan el mínimo requerido por la norma E.070 en todas las etapas de prueba; de igual manera para el 25% de plástico PET, la resistencia a la compresión es de 45 kg/cm<sup>2</sup> (7 días), 65 kg/cm<sup>2</sup> (14 días) y 89 kg/cm<sup>2</sup> (28 días). Aunque el valor de 7 días es inferior al mínimo establecido por la norma E.070, en las etapas de 14 y 28 días cumplen con el requisito mínimo; y por último el de 40% de plástico PET, la resistencia a la compresión fue de 41 kg/cm<sup>2</sup> (7 días), 63 kg/cm<sup>2</sup> (14 días) y 73 kg/cm<sup>2</sup> (28 días). En este caso, el valor a los 7 días no cumple con el mínimo establecido por la norma E.070, mientras que los dos ensayos de 14 y 28 sí. Estos resultados sugieren que, para cumplir con los estándares de resistencia requeridos, se deben considerar cambios en la composición de las mezclas de los porcentajes que no cumplen con la norma.

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILA

Tabla 7. Resistencia a la compresión en pila

| <b>Muestra</b>             | <b>Resistencia - 7 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Resistencia - 14 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Resistencia - 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|----------------------------|---|--|--|
| <b>0% de plástico PET</b>  | 35 kg/cm <sup>2</sup>                           | 47 kg/cm <sup>2</sup>                            | 53 kg/cm <sup>2</sup>                            |
| <b>10% de plástico PET</b> | 60 kg/cm <sup>2</sup>                           | 79 kg/cm <sup>2</sup>                            | 107 kg/cm <sup>2</sup>                           |
| <b>25% de plástico PET</b> | 35 kg/cm <sup>2</sup>                           | 39 kg/cm <sup>2</sup>                            | 39 kg/cm <sup>2</sup>                            |
| <b>40% de plástico PET</b> | 34 kg/cm <sup>2</sup>                           | 36 kg/cm <sup>2</sup>                            | 36 kg/cm <sup>2</sup>                            |

Figura 4. Resistencia a la compresión en pilas



Estos resultados indican que los ladrillos ecológicos sin plástico PET presentan un aumento gradual en la resistencia a la compresión con el tiempo. La resistencia se incrementa desde 35 kg/cm<sup>2</sup> en el día 7 hasta 47 kg/cm<sup>2</sup> en el día 14 y luego continúa aumentando a 53 kg/cm<sup>2</sup> en el día 28. Los ladrillos ecológicos con un 10% de plástico PET exhiben una mayor resistencia a la compresión en comparación con los ladrillos sin contenido de plástico PET. La resistencia se incrementa significativamente desde 60 kg/cm<sup>2</sup> en el día 7 hasta 79 kg/cm<sup>2</sup> en el día 14 y luego aumenta aún más a 107 kg/cm<sup>2</sup> en el día 28. Así mismo, los ladrillos ecológicos con un 25% de contenido de plástico PET presentan una resistencia a la compresión que no cambia significativamente a lo largo del tiempo. La resistencia se mantiene relativamente constante desde 35 kg/cm<sup>2</sup> en el día 7 hasta 39 kg/cm<sup>2</sup> en el día 14 y se mantiene igual en el día 28. De igual manera los ladrillos ecológicos con un 40% de plástico PET muestran una resistencia a la compresión que apenas cambia con el tiempo. La resistencia se mantiene prácticamente constante desde 34 kg/cm<sup>2</sup> en el día 7 hasta 36 kg/cm<sup>2</sup> en el día 14 y sigue siendo la misma en el día 28. Los ladrillos ecológicos con un contenido más alto de plástico PET (10%, 25% y 40%) parecen ser más resistentes a la compresión que aquellos sin contenido de plástico PET. Los ladrillos con un 10% de plástico PET experimentan el mayor aumento en la resistencia a la compresión con el tiempo, mientras que los que contienen un 25% y 40% de plástico PET muestran cambios mínimos en la resistencia a lo largo del período de 28 días. La adición de plástico PET tiene un efecto beneficioso en la

resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, especialmente a corto plazo (7 y 14 días), aunque la variación puede depender de otros factores y proporciones de la mezcla. Es importante recordar que estos resultados son específicos para el estudio y las condiciones experimentales utilizadas, y otros factores también pueden afectar la resistencia y calidad de los ladrillos ecológicos con contenido de plástico PET.

En cuanto a la comparativa con la norma E.070, los ladrillos ecológicos sin plástico PET (0%) y con un 10% de plástico PET cumplen con el estándar mínimo de resistencia a la compresión en todas las etapas de tiempo. De igual forma los ladrillos con un 25% de plástico PET cumplen con el estándar mínimo después de 7 días, 14 días y 28 días. Los ladrillos con un 40% de plástico PET no cumplen con el estándar mínimo de resistencia a la compresión en el día 7 aunque si lo hacen en los dos ensayos posteriores. Estos resultados sugieren que, en términos de resistencia a la compresión, la incorporación de plástico PET en la mezcla de ladrillos ecológicos puede tener un efecto negativo en algunos casos, especialmente cuando el contenido de plástico PET es alto (40%). Es importante considerar estos resultados para optimizar las proporciones de la mezcla y garantizar que los ladrillos ecológicos cumplan con los estándares de calidad requeridos para su uso en construcción.

## MATRIZ DE LEOPOLD

Tabla 8. Matriz de Leopold del ladrillo sin PET

| LADRILLO ECOLOGICO SIN PLASTICO PET |                     |                           |                          |         |          |        |          |                     |                     |                       |                            |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|---------|----------|--------|----------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|
|                                     |                     | Acciones Generadoras      |                          |         |          |        |          |                     |                     |                       | Impacto Total del proyecto |
|                                     |                     | Recolección y preparación | Mezcla de los materiales | Amasado | Moldeado | Secado | Horneado | Promedios negativos | Promedios positivos | Promedios Aritméticos |                            |
| <b>Factores ambientales</b>         | Uso de materiales   | -5<br>+2                  |                          |         |          |        |          | 1                   |                     | -10                   | -118                       |
|                                     | Agua                |                           | -1<br>+2                 |         |          |        |          | 1                   |                     | -2                    |                            |
|                                     | Gestión de residuos |                           |                          |         |          |        |          |                     |                     |                       |                            |
|                                     | Suelo               |                           |                          |         |          |        | -3<br>+4 | 1                   |                     | -12                   |                            |
|                                     | Energía             |                           |                          |         |          |        | -3<br>+5 | 1                   |                     | -15                   |                            |
|                                     | Recursos Naturales  | -6<br>+7                  |                          |         |          |        |          | 1                   |                     | -42                   |                            |
|                                     | Árboles             |                           |                          |         | -1<br>+1 |        | -6<br>+6 | 2                   |                     | -37                   |                            |

Tabla 9. Matriz de Leopold del ladrillo con PET

| <b>LADRILLO ECOLOGICO CON PLASTICO PET</b> |                     |                             |                          |         |          |        |          |                     |                     |                       |                            |            |
|--|---------------------|-----------------------------|--------------------------|---------|----------|--------|----------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------|
|  |                     | <b>Acciones Generadoras</b> |                          |         |          |        |          |                     |                     |                       | Impacto Total del proyecto |            |
|  |                     | Recolección y preparación   | Mezcla de los materiales | Amasado | Moldeado | Secado | Horneado | Promedios negativos | Promedios positivos | Promedios Aritméticos |                            |            |
| <b>Factores ambientales</b>                | Uso de materiales   | +2                          | -3                       |         |          |        |          |                     | 1                   |                       | -6                         | <b>-80</b> |
|  | Agua                |                             | -1                       | +2      |          |        |          |                     | 1                   |                       | -2                         |            |
|  | Gestión de residuos | +3                          | +2                       |         |          |        |          |                     |                     | 1                     | 6                          |            |
|  | Suelo               |                             |                          |         |          |        | +4       | -3                  | 1                   |                       | -12                        |            |
|  | Energía             |                             |                          |         |          |        | +5       | -3                  | 1                   |                       | -15                        |            |
|  | Recursos Naturales  | +7                          | -2                       |         |          |        |          |                     | 1                   |                       | -14                        |            |
|  | Árboles             |                             |                          |         | +1       | -1     |          | +6                  | -6                  | 2                     |                            |            |



Como se puede observar en la tabla 8 el valor de la matriz Leopold en cuanto al impacto total del proyecto fue de -118 en comparación con el valor de la tabla 9 ya utilizando el plástico PET se obtuvo un resultado de -80 esto quiere decir que se redujo un 32.20% el impacto ambiental, resaltando entre los factores la gestión de residuos debida y el uso de materiales reutilizables donde el plástico PET fue un material reciclado.

## ANALISIS DE COSTOS

Para la fabricación de ladrillos ecológicos sin plástico PET con una capacidad promedio de horno de 8500 ladrillos, los costos fueron los siguientes: la tierra tratada (15<sup>3</sup>) y la arcilla (15<sup>3</sup>) tuvieron un costo de S/160.00 (42.11 USD) cada una, la cáscara de arroz costó S/100.00 (26.32 USD) por 50 sacos, a S/2.00 (0.53 USD) cada saco, el agua tuvo un costo de S/50.00 (13.16 USD) por tanqueta, en total se utilizaron 5 tanquetas, sumando un total de S/250.00 (65.79 USD), la leña tuvo un costo de S/700.00 (184.21 USD) por 200 palos, a S/3.50 (0.92 USD) cada palo. Esto dio un costo de S/1370.00 (360.53 USD), si dividimos este costo total entre la cantidad de ladrillos producidos (8500), obtenemos un costo por unidad de ladrillo sin PET de 0.16 soles (0.04 USD).

Tabla 10. Costo de fabricación de ladrillo ecológico sin plástico PET

| <b>Material</b>                   | <b>Costo (S/)</b> |
|-----------------------------------|-------------------|
| Tierra tratada (15 <sup>3</sup> ) | S/160.00          |
| Arcilla (15 <sup>3</sup> )        | S/160.00          |
| Cáscara de arroz (50 sacos)       | S/100.00          |
| Agua (S/50 cada tanqueta)         | S/ 250.00         |
| Leña (200 palos)                  | S/700.00          |
| <b>Total</b>                      | <b>S/1370.00</b>  |

Por otro lado, para la fabricación de ladrillos ecológicos con plástico PET los costos fueron diferentes: el plástico PET (3 kg) tuvo un costo de S/20.00 (5.26 USD), la arcilla (15<sup>3</sup>) costó S/160.00 (42.11 USD), la cáscara de arroz costó S/100.00 (26.32 USD) por 50 sacos, a S/2.00 (0.53 USD) cada saco, el agua tuvo un costo de S/50.00 (13.16 USD) por tanqueta, en total se utilizaron 5 tanquetas, sumando un total de S/250.00 (65.79 USD) y la leña tuvo un costo de S/700.00 (184.21 USD) por 200 palos, a S/3.50 (0.92 USD) cada palo. Esto da un costo total de S/1230.00 (323.68 USD), si dividimos este costo total entre la cantidad de ladrillos producidos (8500), obtuvimos un costo por unidad de ladrillo con PET de 0.14 soles (0.03 USD).

Tabla 11. Costo de fabricación de ladrillo ecológico con plástico PET

| <b>Material</b>             | <b>Costo (S/)</b> |
|-----------------------------|-------------------|
| Plástico PET (3 kg)         | S/20              |
| Arcilla (15 <sup>3</sup> )  | S/160.00          |
| Cáscara de arroz (50 sacos) | S/100.00          |
| Agua (S/50 cada tanqueta)   | S/ 250.00         |
| Leña (200 palos)            | S/700.00          |
| <b>Total</b>                | <b>S/ 1230.00</b> |

Es importante mencionar que estos precios solo serían aplicables si se reemplazara todo el agregado de tierra tratada con plástico PET. Además, cabe recalcar que el plástico PET fue reciclado y solo se realizó un costo el cual fue por triturar el mismo.

## V. DISCUSIONES

La compresión de los ladrillos ecológicos con diferentes porcentajes de plástico PET, muestran un aumento general en la resistencia a la compresión a medida que pasa el tiempo, Además, los ladrillos con un 10% de plástico PET exhiben la mayor resistencia a la compresión por unidad de albañilería y en pilas en comparación con aquellos sin contenido de PET y con porcentajes más altos de PET. También se observa una tendencia de saturación, donde un porcentaje más alto de PET no necesariamente conduce a una mayor resistencia. De igual forma los resultados concuerdan con Bailón (2021), que demuestra que la sustitución del agregado grueso por plástico PET en la fabricación de bloques de albañilería mejora la resistencia a la compresión, por consiguiente, difieren con los resultados encontrados por Caynamari (2022), ya que sus resultados con el uso de plástico PET disminuyeron la resistencia en la compresión diagonal en muretes de albañilería y compresión en pilas de albañilería con resultados en  $f'm$  desde 224.50  $kg/cm^2$  hasta 165.30  $kg/cm^2$  en el ensayo de compresión en pilas de albañilería, y una disminución en  $f'v$  desde 11.22  $kg/cm^2$  hasta 5.92  $kg/cm^2$ . También difieren con Infante y Valderrama (2019), el cual nos dice que la resistencia a la flexión disminuyó en promedio un 20% en todas las muestras con adición de PET, siendo la muestra con un 20% de PET la que mostró la mayor variación de resistencia, con una disminución del 25%. Además, todas las muestras con agregado de PET presentaron una disminución promedio del 13% en la resistencia a la compresión. Estas diferencias se pueden explicar probablemente en que en esta investigación y las de los autores mencionados se utilizaron diferentes porcentajes de plástico PET, así mismo puede influir la calidad del plástico PET, así como también las proporciones de la mezcla y los diferentes tipos de ensayos.

De acuerdo al impacto ambiental medida por la matriz de Leopold nos indica que la incorporación de PET reciclado en la elaboración de ladrillos ecológicos ha tenido un efecto positivo en la reducción del impacto ambiental, con un 32.20% en comparación con los ladrillos ecológicos sin plástico PET, estos resultados están corroborados también por Bailón (2021), ya que en su matriz de Leopold indica que la unidad de albañilería a base de plástico PET, tiene un daño menor en comparación con el ladrillo artesanal de arcilla, establece una disminución del 74%

en el impacto ambiental. También Infante y Valderrama (2019), indica que el uso de plástico PET en la elaboración de ladrillos demuestran beneficios para el medio ambiente. Estos resultados demuestran que la incorporación de plástico PET en los ladrillos ecológicos llega a una reducción considerable en el impacto ambiental.

En cuanto a los costos de fabricación los resultados mostraron que fabricar un ladrillo ecológico con plástico PET como agregado disminuye de 0.16 soles (0.04 USD); ladrillos sin plástico PET, a un 0.14 soles (0.03 USD); con plástico PET reciclado, estos datos concuerdan con Bailón (2021), el cual también demuestra que en términos de costos la fabricación de unidades de albañilería con PET es más rentable, así mismo Gareca et al., (2020), indica que el uso de agregados de plástico reciclable en las mezclas reduce los costos. Esto nos indica que utilizar plástico PET como agregado en la fabricación de ladrillos ecológicos parece una opción prometedora para reducir los costos de producción.

## VI. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos señalan que la incorporación de plástico PET como un agregado en la fabricación de ladrillos ecológicos tiene un impacto ambiental positivo y significativo, además de mejorar tanto la resistencia a la compresión como la eficiencia en los costos de producción del proyecto. Esto demuestra que la utilización de material reciclado contribuye a mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos.

Los ladrillos ecológicos con plástico PET muestran una mejora en la resistencia a la compresión en comparación con los ladrillos sin plástico PET, por lo tanto, muestran una influencia significativa. Los ladrillos con un 10% de plástico PET tienen la mayor resistencia en todas las etapas de tiempo evaluadas (7 días, 14 días y 28 días). Sin embargo, el aumento de porcentaje de plástico PET no siempre se traduce en una mayor resistencia, lo que indica la importancia de encontrar las proporciones adecuadas en la mezcla. Es necesario ajustar las proporciones de plástico PET para cumplir con los estándares de resistencia requeridos según la norma E.070, especialmente cuando se utiliza un 40% de plástico PET.

Los resultados indican que al incorporar material reciclado PET en la fabricación de ladrillos ecológicos, se ha logrado una reducción positiva en el impacto ambiental del proyecto. El análisis de la matriz Leopold muestra que el uso de plástico PET como un agregado condujo a una disminución del 32.20% en el impacto ambiental total en comparación con la fabricación de ladrillos ecológicos sin la inclusión de este material reciclado.

Los resultados indican que la fabricación de un ladrillo ecológico con plástico PET como agregado es más económica que la fabricación de un ladrillo ecológico sin PET, por lo tanto, el plástico PET muestra una influencia significativa. El costo por unidad de ladrillos con plástico PET es de 0.14 soles (0.03 USD), mientras que el costo por unidad de ladrillos sin PET es de 0.16 soles (0.04 USD).

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se sugiere seguir utilizando plástico PET como agregado en la fabricación de ladrillos ecológicos. Es importante realizar más investigaciones para encontrar las proporciones óptimas de plástico PET que aseguren la calidad del ladrillo sin comprometer la sostenibilidad. La adopción de prácticas sostenibles y el uso de materiales reciclados son esenciales para avanzar hacia un futuro más ecológico en la construcción.

Se deben realizar pruebas adicionales para encontrar la mezcla óptima que maximice la resistencia. Se sugiere monitorear el comportamiento a largo plazo de los ladrillos con plástico PET para evaluar su resistencia y durabilidad. Para cumplir con la norma E.070, se deben ajustar las proporciones de la mezcla al utilizar un 40% de plástico PET. Es necesario seguir investigando y explorando nuevas tecnologías y materiales para mejorar aún más la resistencia y sostenibilidad de los ladrillos ecológicos.

Seguir utilizando el material reciclado PET como agregado en la elaboración de ladrillos ecológicos, ha demostrado ser una medida efectiva para disminuir el impacto ambiental. Además, se sugiere continuar investigando y adoptando prácticas de gestión de residuos y uso de materiales sostenibles para lograr una mayor reducción del impacto ambiental en futuros proyectos. La utilización de materiales reciclados, como el plástico PET, contribuye positivamente a la sostenibilidad y preservación del medio ambiente, siendo esencial para construir un futuro más ecológico.

El plástico PET como agregado en la fabricación de ladrillos ecológicos tiene beneficios económicos. El uso de material reciclado contribuye positivamente al medio ambiente, al tiempo que reduce el costo de producción por unidad de ladrillo, minimizando el impacto ambiental y reduciendo los costos de fabricación. La utilización de plástico PET como agregado representa una estrategia prometedora para lograr una construcción más sostenible y económicamente viable.

## REFERENCIAS

- 1) ADIYANTO, Okka, et al. Optimization of PET Particle-Reinforced Epoxy Resin Composite for Eco-Brick Application Using the Response Surface Methodology. *Sustainability*, 2023, vol. 15, no 5, p. 4271.
- 2) AKINYELE, J. O.; IGBA, U. T.; ADIGUN, B. G. Effect of waste PET on the structural properties of burnt bricks. *Scientific African*, 2020, vol. 7, p. e00301.
- 3) ALESMAR, Luis; RENDÓN, Nalia; KORODY, María Eugenia. Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet)-cemento. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 2008, vol. 23, no 1, p. 76-86.
- 4) ANDRADES AYERRA, Sara; GUILLÉN MONZÓN, Natalia; SOSA MISURACA, Cecilia. Efectos de la contaminación por plástico en Salud Animal.
- 5) ANTICO, Federico C., et al. Eco-bricks: a sustainable substitute for construction materials. *Revista de la Construcción. Journal of Construction*, 2017, vol. 16, no 3, p. 518-526.
- 6) ARIAS GONZÁLES, José Luis; COVINOS GALLARDO, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021.
- 7) BAILÓN ESPINOZA, Jimena Yomira; HUATUCO CORDOVA, Evelyn Francisca. Uso de plástico PET como agregado en la fabricación de unidades de albañilería ecológica para la construcción de muros de cerramiento en el sector Cooperativa Santa Isabel distrito de Huancayo al 2021. 2021.
- 8) BARBOSA, Márcio Zago, et al. Life cycle approach applied to the production of ceramic materials incorporated with ornamental stone wastes. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, p. 1-14.
- 9) CABALLERO MEZA, Brayan; FLOREZ LENGUA, Orlando; ALVAREZ CARRASCAL, Jorge Luis. Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno-Tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción. 2017. Tesis Doctoral. Universidad de Cartagena.
- 10) CARRILLO SARANGO, Jose Modesto,. Modelo conceptual de gestión de residuos sólidos en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Tumbes–2015. 2015.

- 11) CAYNAMARI ABANTO, James Harold. Evaluación de bloques de concreto con plástico (PET) en muros portantes de las viviendas del distrito de Independencia, Lima 2022. 2022.
- 12) DA SILVA, Tulane Rodrigues, et al. Application of plastic wastes in construction materials: A review using the concept of life-cycle assessment in the context of recent research for future perspectives. *Materials*, 2021, vol. 14, no 13, p. 3549.
- 13) DERAMAN, Rafikullah, et al. Polyethylene terephthalate waste utilisation for production of low thermal conductivity cement sand bricks. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 2021, vol. 88, no 3, p. 117-136.
- 14) GARECA, Mireya, et al. Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2020, vol. 18, no 21, p. 25-61.
- 15) GE, Zhi, et al. Physical and mechanical properties of mortar using waste Polyethylene Terephthalate bottles. *Construction and Building Materials*, 2013, vol. 44, p. 81-86.
- 16) HAQUE, Md Sazzadul. Sustainable use of plastic brick from waste PET plastic bottle as building block in Rohingya refugee camp: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no 36, p. 36163-36183.
- 17) HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación* McGraw-Hill. 2014.
- 18) HOŁA, Anna. Methodology for the in situ testing of the moisture content of brick walls: An example of application. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 2020, vol. 20, no 4, p. 114.
- 19) IKECHUKWU, Aneke Frank; SHABANGU, Celumusa. Strength and durability performance of masonry bricks produced with crushed glass and melted PET plastics. *Case Studies in Construction Materials*, 2021, vol. 14, p. e00542.
- 20) INFANTE-ALCALDE, Josefina; VALDERRAMA-ULLOA, Claudia. Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de



- Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). Información tecnológica, 2019, vol. 30, no 5, p. 25-36.
- 21) JAIN, Paras, et al. Effect of bio-degradation and no degradable substances in environment. International Journal of Life Sciences, 2017, vol. 1, no 1, p. 58-64.
  - 22) LAZZARI, Livia, et al. Kraft lignin and polyethylene terephthalate blends: effect on thermal and mechanical properties. Polímeros, 2020, vol. 29.
  - 23) LEOPOLD, Luna Bergere. A procedure for evaluating environmental impact. US Department of the Interior, 1971.
  - 24) MAYA, Esther. Métodos y técnicas de investigación. 2014.
  - 25) Ministerio del Ambiente (MINAM). Alrededor de 93 mil toneladas de residuos sólidos fueron valorizados en el 2020 a nivel nacional. Wwww.gob.pe [en línea], 2020. [Consulta: 24 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/487809-alrededor-de-93-mil-toneladas-de-residuos-solidos-fueron-valorizados-en-el-2020-a-nivel-nacional>.
  - 26) Ministerio del Ambiente (MINAM). PLAN NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. [en línea], 2016. S.l.: Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>.
  - 27) PERERA, Sahan, et al. Utilizing recycled PET blends with demolition wastes as construction materials. Construction and building materials, 2019, vol. 221, p. 200-209.
  - 28) PÉREZ COLLANTES, Diego Saul. Influencia del plástico PET en las propiedades de ladrillos de concreto ecológicos para viviendas unifamiliares, Carabayllo–2021. 2021.
  - 29) QAIDI, Shaker, et al. Investigation of the physical-mechanical properties and durability of high-strength concrete with recycled PET as a partial replacement for fine aggregates. Frontiers in Materials, 2023, vol. 10, p. 1101146.
  - 30) RODRIGO, 2022. Conoce las mejores técnicas e instrumentos de recolección de datos. Tesis y Másters México [en línea]. [Consulta: 21 abril

- 2023]. Disponible en: <https://tesisymasters.mx/instrumentos-de-recoleccion-de-datos/#:~:text=Una%20t%C3%A9cnica%20o%20instrumento%20de,fen%C3%B3menos%20que%20se%20desean%20conocer..>
- 31) SAN BARTOLOMÉ, Ángel. Comentarios a la norma técnica de edificación E. 070 Albañilería. Lima, Perú: SENCICO, 2008.
- 32) SÁNCHEZ, José, et al. Ladrillo ecológico elaborado con papel reciclado: Costo y propiedades físico-mecánicas. Conocimiento para el desarrollo, 2018, vol. 9, no 2, p. 29-34.
- 33) Shen M, Huang W, Chen M, Song B, Zeng G, Zhang Y. (Micro) plastic crisis: un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change. Journal of Cleaner Production. 2020 May 1;254:120138.
- 34) SILVA, Paulysendra Felipe, et al. Utilização de copos plásticos descartáveis na composição do traço para a produção de tijolo ecológico. Research, Society and Development, 2021, vol. 10, no 14, p. e525101422302-e525101422302.
- 35) Tecana American University. Los Niveles de Investigación. [en línea], 2021. [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: <https://tauniversity.org/los-niveles-de-investigacion/#:~:text=La%20l%C3%A9nea%20de%20investigaci%C3%B3n%20recorre,%2C%20explicativo%2C%20predictivo%20y%20aplicativo..>
- 36) The Nature Conservancy. Detengamos el flujo de residuos plásticos. [en línea], 2020. [Consulta: 24 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.nature.org/es-us/que-hacemos/nuestras-prioridades/ciudades-saludables/detener-residuos-plasticos/>.
- 37) Tipos de plásticos. Blog de empresa: Dirección de empresa, marketing, logística, Recursos Humanos, comercio y finanzas [en línea], 2019. [Consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.masterlogistica.es/tipos-de-plasticos-clasificacion-envases-y-peligros/>.
- 38) YAHYA, Khairulzan; BOUSSABAINÉ, Halim. Quantifying environmental impacts and eco-costs from brick waste. Architectural Engineering and Design Management, 2010, vol. 6, no 3, p. 189-206.

39)ZULKERNAIN, Nur Hanis, et al. Utilisation of plastic waste as aggregate in construction materials: A review. *Construction and Building Materials*, 2021, vol. 296, p. 123669.

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 12. Matriz de consistencia

| <b>PROBLEMÁTICA</b>   | <b>OBJETIVO</b>  |
|---|--|
| <p>General</p> <p>¿Cuál será la influencia de la utilización del plástico PET como agregado en la elaboración de ladrillos ecológicos?</p>  | <p>General</p> <p>Determinar la influencia de la utilización de plástico PET como agregado en la elaboración de ladrillos ecológicos.</p>  |
| <p>Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ¿Qué influencia tendrá el plástico PET como agregado en la resistencia a la compresión por unidad de albañilería y resistencia a la compresión en pila en la elaboración de ladrillos ecológicos?</li><li>• ¿Influirá el plástico PET como agregado en el impacto ambiental en la elaboración de ladrillos ecológicos?</li><li>• ¿Cuál será la influencia del material reciclado PET como agregado en el costo de fabricación para la elaboración de ladrillos ecológicos?</li></ul> | <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluar la influencia de la utilización de plástico PET como agregado en la resistencia a la compresión por unidad de albañilería y resistencia a la compresión en pila en la elaboración de ladrillos ecológicos.</li><li>• Evaluar la influencia del plástico PET como agregado en el impacto ambiental en la elaboración de ladrillos ecológicos.</li><li>• Evaluar la influencia del plástico PET como agregado en los costos de fabricación para la elaboración de ladrillos ecológicos.</li></ul> |

## ANEXO 2: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DEL LADRILLO ECOLÓGICO 0%



### LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 212 - EL MILAGRO -TUMBES  
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL PLASTICO PET COMO AGREGADO PARA LADRILLOS ECOLOGICOS: UN CAMINO HACIA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE".  
TESISTA: ANDERSON MANUEL SEGURA TENORIO  
FECHA : 23/06/2023

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA – LADRILLO PATRÓN

| N°  | ESTRUCTURA                       | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ROTURA | DIAS | CARGA EN KN | CARGA EN KILOS | AREA (cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA (KG/ cm <sup>2</sup> ) | CARACTERISTICAS DEL LADRILLO   |
|---|----------------------------------|------------------|-----------------|------|-------------|----------------|-------------------------|------------------------------------|--|
| 01  | LADRILLO DE<br>ARCILLA ARTESANAL | 26-05-2023       | 02-06-2023      | 07   | 62          | 6322           | 253                     | 25                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>PESO (Kg) = 2.5</li> <li>MEDIDA (Cm)= 23 x 11 x 9</li> <li>AREA= 253</li> </ul> |
| 02  |                                  | 26-05-2023       | 09-06-2023      | 14   | 92          | 9381           | 253                     | 37                                 |  |
| 03  |                                  | 26-05-2023       | 23-06-2023      | 28   | 140         | 14276          | 253                     | 56                                 |  |
|   |                                  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                                  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                                  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                                  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                                  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                                  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
| <p><b>NOTA:</b> - Se deja constancia que el laboratorio <b>SUELO MÁS</b> no ha participado en la elaboración de los testigos de concreto.<br/>Los Ensayos de Roturas se han realizado con Máquina Calibrada (<b>Certificado LFP23 – 0086– 2023</b>)</p> |                                  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |

**1KN = 101.972 Kg.**



**SUELO MÁS E.I.R.L.**  
Ing. Civil Fernando Reñán Vargas Morán  
CIP: 138433

## ANEXO 3: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DEL LADRILLO ECOLÓGICO 10%



### LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 212 - EL MILAGRO - TUMBES  
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL PLASTICO PET COMO AGREGADO PARA LADRILLOS ECOLOGICOS: UN CAMINO HACIA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE".  
TESISTA: ANDERSON MANUEL SEGURA TENORIO  
FECHA : 13/07/2023

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA – LADRILLO PET 10%

| N°  | ESTRUCTURA        | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ROTURA | DIAS | CARGA EN KN | CARGA EN KILOS | AREA (cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA (KG/ cm <sup>2</sup> ) | CARACTERISTICAS DEL LADRILLO   |
|---|-------------------|------------------|-----------------|------|-------------|----------------|-------------------------|------------------------------------|--|
| 01  | 10% CON ADICIONAL | 15-06-2023       | 22-06-2023      | 07   | 145         | 14785          | 253                     | 58                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>PESO (Kg) = 2.5</li> <li>MEDIDA (Cm)= 23 x 11 x 9</li> <li>AREA= 253</li> </ul> |
| 02  | DE PLÁSTICO PET   | 15-06-2023       | 29-06-2023      | 14   | 185         | 18864          | 253                     | 75                                 |  |
| 03  | LADRILLO          | 15-06-2023       | 13-07-2023      | 28   | 255         | 26002          | 253                     | 103                                |  |
|   |                   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |                   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
| <b>NOTA:</b> - Se deja constancia que el laboratorio <b>SUELO MÁS</b> no ha participado en la elaboración de los testigos de concreto. Los Ensayos de Roturas se han realizado con Máquina Calibrada (Certificado LFP23 – 0086– 2023) |                   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |

1KN = 101.972 Kg.



**SUELO MÁS E.I.R.L.**  
Ing. Civil Fernando Renato Vargas Moran  
CIP: 134833

# ANEXO 4: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DEL LADRILLO ECOLÓGICO 25%



## LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 212 - EL MILAGRO - TUMBES  
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL PLASTICO PET COMO AGREGADO PARA LADRILLOS ECOLOGICOS: UN CAMINO HACIA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE".

TESISTA: ANDERSON MANUEL SEGURA TENORIO

FECHA : 29/07/2023

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA - LADRILLO PET 25%

| N°  | ESTRUCTURA                                 | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ROTURA | DIAS | CARGA EN KN | CARGA EN KILOS | AREA (cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA (KG/ cm <sup>2</sup> ) | CARACTERISTICAS DEL LADRILLO   |
|---|--|------------------|-----------------|------|-------------|----------------|-------------------------|------------------------------------|--|
| 01  | 25% CON ADICIONAL DE PLÁSTICO PET LADRILLO | 15-06-2023       | 22-06-2023      | 07   | 112         | 11420          | 253                     | 45                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• PESO (Kg) = 2.5</li> <li>• MEDIDA (Cm)= 23 x 11 x 9</li> <li>• AREA= 253</li> </ul> |
| 02  |  | 15-06-2023       | 29-06-2023      | 14   | 160         | 16315          | 253                     | 65                                 |  |
| 03  |  | 15-06-2023       | 13-07-2023      | 28   | 220         | 22433          | 253                     | 89                                 |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
| <p><b>NOTA:</b> - Se deja constancia que el laboratorio <b>SUELO MÁS</b> no ha participado en la elaboración de los testigos de concreto. Los Ensayos de Roturas se han realizado con Máquina Calibrada (<b>Certificado LFP23 – 0086– 2023</b>)</p> |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |

1KN = 101.972 Kg.



**SUELO MÁS E.I.R.L.**  
Ing. Civil Fernando Roberto Yarguez Morán  
CIF: 154833

# ANEXO 5: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA DEL LADRILLO ECOLÓGICO 40%



## LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 212 - EL MILAGRO - TUMBES  
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL PLASTICO PET COMO AGREGADO PARA LADRILLOS ECOLOGICOS: UN CAMINO HACIA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE".  
TESISTA: ANDERSON MANUEL SEGURA TENORIO  
FECHA : 13/07/2023

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN POR UNIDAD DE ALBAÑILERÍA - LADRILLO PET 40%

| N°   | ESTRUCTURA                                 | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ROTURA | DIAS | CARGA EN KN | CARGA EN KILOS | AREA (cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA (KG/cm <sup>2</sup> ) | CARACTERISTICAS DEL LADRILLO   |
|--|--|------------------|-----------------|------|-------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|--|
| 01   | 40% CON ADICIONAL DE PLÁSTICO PET LADRILLO | 15-06-2023       | 22-06-2023      | 07   | 102         | 10401          | 253                     | 41                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>PESO (Kg) = 2.5</li> <li>MEDIDA (Cm)= 23 x 11 x 9</li> <li>AREA= 253</li> </ul> |
| 02   |  | 15-06-2023       | 29-06-2023      | 14   | 155         | 15805          | 253                     | 63                                |  |
| 03   |  | 15-06-2023       | 13-07-2023      | 28   | 180         | 18354          | 253                     | 73                                |  |
|  |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|  |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|  |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|  |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|  |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
| <b>NOTA:</b> - Se deja constancia que el laboratorio <b>SUELO MÁS</b> no ha participado en la elaboración de los testigos de concreto. Los Ensayos de Roturas se han realizado con Máquina Calibrada ( <b>Certificado LFP23 – 0086– 2023</b> ) |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |

1KN = 101.972 Kg.



**SUELO MÁS E.I.R.L.**  
Ing. Civil Fernando Renato Vargas Moran  
CIP: 134833



# ANEXO 6: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILA DEL LADRILLO ECOLÓGICO 0%



## LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 212 - EL MILAGRO -TUMBES  
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL PLASTICO PET COMO AGREGADO PARA LADRILLOS ECOLOGICOS: UN CAMINO HACIA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE".  
TESISTA: ANDERSON MANUEL SEGURA TENORIO  
FECHA : 02/06/2023

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN EN PILA - LADRILLO PATRÓN

| N°  | ESTRUCTURA                                     | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ROTURA | DIAS | CARGA EN KN | CARGA EN KILOS | AREA (cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA (KG/ cm <sup>2</sup> ) | CARACTERISTICAS DEL LADRILLO   |
|---|--|------------------|-----------------|------|-------------|----------------|-------------------------|------------------------------------|--|
| 01  | LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL PILA DE LADRILLO | 26-05-2023       | 02-06-2023      | 07   | 86          | 8769           | 253                     | 35                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• PESO (Kg) = 2.5</li> <li>• MEDIDA (Cm)= 23 x 11 x 9</li> <li>• AREA= 253</li> <li>• ALTURA= 26cm</li> </ul> |
| 02  | LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL PILA DE LADRILLO | 26-05-2023       | 09-06-2023      | 14   | 117         | 11930          | 253                     | 47                                 |  |
| 03  | LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL PILA DE LADRILLO | 26-05-2023       | 23-06-2023      | 28   | 132         | 13460          | 253                     | 53                                 |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
| <p><b>NOTA:</b> - Se deja constancia que el laboratorio <b>SUELO MÁS</b> no ha participado en la elaboración de los testigos de concreto. Los Ensayos de Roturas se han realizado con Máquina Calibrada (<b>Certificado LFP23 – 0086– 2023</b>)</p> |  |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |

1KN = 101.972 Kg.



SUELO MÁS E.I.R.L.  
Ing. Civil Fernando Renato Vargas Moran  
CIP: 138433

# ANEXO 7: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILA DEL LADRILLO ECOLÓGICO 10%



## LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 212 - EL MILAGRO - TUMBES  
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL PLASTICO PET COMO AGREGADO PARA LADRILLOS ECOLOGICOS: UN CAMINO HACIA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE".  
TESISTA: ANDERSON MANUEL SEGURA TENORIO  
FECHA : 29/06/2023

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN EN PILA - LADRILLO PET 10%

| N°  | ESTRUCTURA  | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ROTURA | DIAS | CARGA EN KN | CARGA EN KILOS | AREA (cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA (KG/ cm <sup>2</sup> ) | CARACTERISTICAS DEL LADRILLO   |
|---|---|------------------|-----------------|------|-------------|----------------|-------------------------|------------------------------------|--|
| 01  | 10% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 22-06-2023      | 07   | 149         | 15193          | 253                     | 60                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• PESO (Kg) = 2.5</li> <li>• MEDIDA (Cm)= 23 x 11 x 9</li> <li>• AREA= 253</li> <li>• ALTURA= 26cm</li> </ul> |
| 02  | 10% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 29-06-2023      | 14   | 196         | 19986          | 253                     | 79                                 |  |
| 03  | 10% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 13-07-2023      | 28   | 266         | 27124          | 253                     | 107                                |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
| <p><b>NOTA:</b> - Se deja constancia que el laboratorio <b>SUELO MÁS</b> no ha participado en la elaboración de los testigos de concreto. Los Ensayos de Roturas se han realizado con Máquina Calibrada (<b>Certificado LFP23 – 0086– 2023</b>)</p> |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |

1KN = 101.972 Kg.



SUELO MÁS E.I.R.L.  
Ing. Civil Fernando Renato Vargas Moran  
CIP: 138433

# ANEXO 8: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILA DEL LADRILLO ECOLÓGICO 25%



## LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 212 - EL MILAGRO - TUMBES  
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL PLASTICO PET COMO AGREGADO PARA LADRILLOS ECOLOGICOS: UN CAMINO HACIA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE".  
TESISTA: ANDERSON MANUEL SEGURA TENORIO  
FECHA : 13/07/2023

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN EN PILA - LADRILLO PET 25%

| N°  | ESTRUCTURA  | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ROTURA | DIAS | CARGA EN KN | CARGA EN KILOS | AREA (cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA (KG/cm <sup>2</sup> ) | CARACTERISTICAS DEL LADRILLO   |
|---|---|------------------|-----------------|------|-------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|--|
| 01  | 25% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 22-06-2023      | 07   | 87          | 8871           | 253                     | 35                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• PESO (Kg) = 2.5</li> <li>• MEDIDA (Cm)= 23 x 11 x 9</li> <li>• AREA= 253</li> <li>• ALTURA= 26cm</li> </ul> |
| 02  | 25% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 29-06-2023      | 14   | 97          | 9891           | 253                     | 39                                |  |
| 03  | 25% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 13-07-2023      | 28   | 97          | 9891           | 253                     | 39                                |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |
| <p><b>NOTA:</b> - Se deja constancia que el laboratorio <b>SUELO MÁS</b> no ha participado en la elaboración de los testigos de concreto. Los Ensayos de Roturas se han realizado con Máquina Calibrada (<b>Certificado LFP23 – 0086– 2023</b>)</p> |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                   |  |

1KN = 101.972 Kg.



SUELO MÁS E.I.R.L.  
Ing. Civil Fernando Renato Vargas Moran  
CIP: 138733

# ANEXO 9: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILA DEL LADRILLO ECOLÓGICO 40%



## LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO SUELO MÁS E.I.R.L

JR. CAHUIDE N° 212 - EL MILAGRO - TUMBES  
☎ 522090 - CEL. 972945321 - RPM #688277 - Tumbes

TESIS: "APROVECHAMIENTO DEL PLASTICO PET COMO AGREGADO PARA LADRILLOS ECOLOGICOS: UN CAMINO HACIA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE".  
TESISTA: ANDERSON MANUEL SEGURA TENORIO  
FECHA : 13/07/2023

### ENSAYO A LA COMPRESIÓN EN PILA - LADRILLO PET 40%

| N°  | ESTRUCTURA  | FECHA DE VACEADO | FECHA DE ROTURA | DIAS | CARGA EN KN | CARGA EN KILOS | AREA (cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA (KG/ cm <sup>2</sup> ) | CARACTERISTICAS DEL LADRILLO   |
|---|---|------------------|-----------------|------|-------------|----------------|-------------------------|------------------------------------|--|
| 01  | 40% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 22-06-2023      | 07   | 85          | 8667           | 253                     | 34                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• PESO (Kg) = 2.5</li> <li>• MEDIDA (Cm)= 23 x 11 x 9</li> <li>• AREA= 253</li> <li>• ALTURA= 26cm</li> </ul> |
| 02  | 40% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 29-06-2023      | 14   | 90          | 9177           | 253                     | 36                                 |  |
| 03  | 40% DE ADICIONAL DE PLÁSTICO PET PILA DE LADRILLO | 15-06-2023       | 13-07-2023      | 28   | 90          | 9177           | 253                     | 36                                 |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
|   |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |
| <p><b>NOTA:</b> - Se deja constancia que el laboratorio <b>SUELO MÁS</b> no ha participado en la elaboración de los testigos de concreto. Los Ensayos de Roturas se han realizado con Máquina Calibrada (<b>Certificado LFP23 – 0086– 2023</b>)</p> |   |                  |                 |      |             |                |                         |                                    |  |

1KN = 101.972 Kg.



SUELO MÁS E.I.R.L.  
Ing. Civil Fernando Renato Vargas Moran  
CIP: 138033

## ANEXO 10: MATERIALES UTILIZADOS

ARCILLA



CÁSCARA DE ARROZ



TIERRA TRATADA



## ANEXO 11: PROCESO DE ELABORACIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO

Instrumentos  
utilizados para la  
elaboración del  
ecoladrillo



Recolección de  
los agregados



Peso de los agregados.



Elaboración de la mezcla para el ecoladrillo.



Mezclar los  
agregados hasta  
adquirir una pasta  
homogénea.



Mezcla final de  
los agregados.





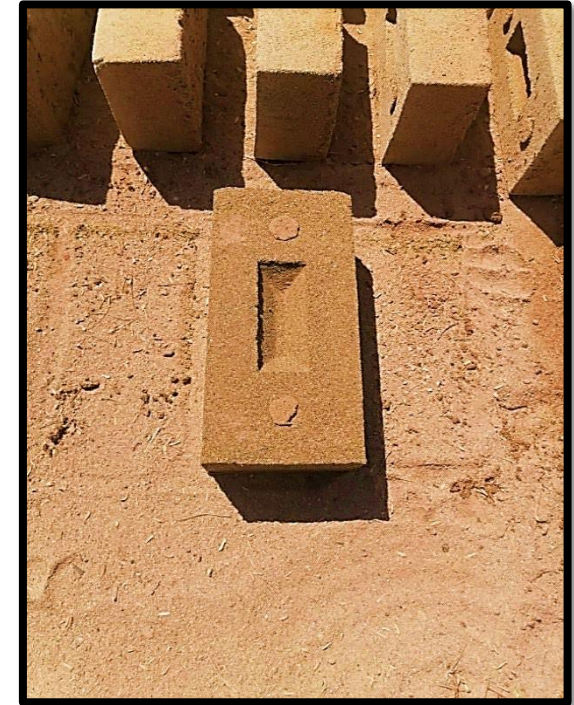
La mezcla obtenida se procedió a agregar sobre moldes de ladrillos ecológicos.



Después de colocar la mezcla en el molde, el ecoladrillo obtiene la forma geométrica.

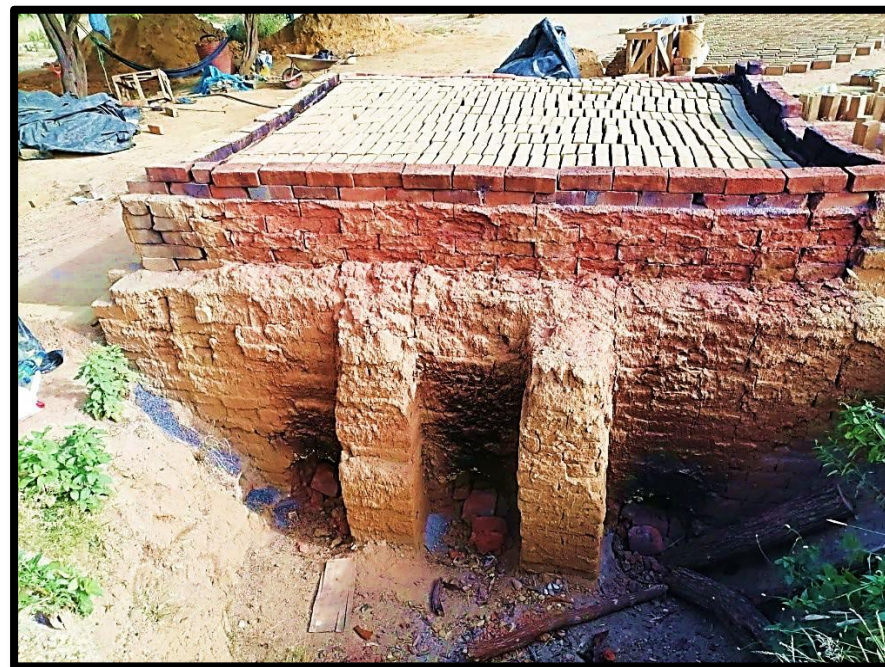


Ecoladrillo en su proceso de secado (7 días).





Leña para abastecer  
y encender el horno  
artesanal.



Colocación del ecoladrillo en el horno  
artesanal después de los 7 días de  
secado; este proceso final de cocción  
del ecoladrillo dura 7 días.