

**UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



TESIS DE GRADO

Elaboración de Ladrillos Ecológicos a Base de Botellas Plásticas PET

como Mitigación a la Contaminación Ambiental en el

Municipio de Cobija en la Gestión 2023

Tesis para Optar el Título de Ingeniero Ambiental

Postulante: María Celeste Almeida Arza

Asesora: Ing. Elizabeth Aguada Taborga

Cobija – Pando – Bolivia

2024

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET COMO MITIGACIÓN A LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE COBIJA EN LA GESTIÓN 2023

(HOJA DE APROBACIÓN)

AUTOR: Maria Celeste Almeida Arza

INICIO: Noviembre del 2023

CONCLUSIÓN: Julio del 2024

APROBACIÓN

FECHA

Fecha de recepción del examen

TRIBUNALES

APROBACIÓN

FIRMA

PhD Jorge Azad Ayala

Ing. Zeila Meneces Quisbert

Ing. Adriana Rocio Magne Mamani

ASESORA

Ing. Elizabeth Aguada Taborga

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mis padres que, con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además de su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A la carrera Ingeniería ambiental, que gracias a ella conocí el significado de trabajar en equipo por un mismo sueño.

Mi agradecimiento a mi asesor de tesis, Ing. Elizabeth Aguada Taborga.

A mis tribunales; Ing. Zeila Meneces Quisbert y al PhD Jorge Azad Ayala.

Resumen

La presente investigación titulada: “Elaboración de Ladrillos Ecológicos a Base de Botellas Plásticas PET como Mitigación a la Contaminación Ambiental en el Municipio de Cobija. Se llevó a cabo en el Barrio Santa Cecilia de la ciudad de Cobija Pando – Bolivia. Los objetivos específicos del presente estudio fueron: Evaluar la variación dimensional, alabeo, absorción y la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos a base de botellas PET, cemento, arena y agua; Determinar la mejor proporción de las mezclas, para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de botellas PET; Determinar el costo de fabricación de los ladrillos ecológicos a base de plásticos PET y Evaluar el impacto que ocasiona la producción de ladrillos ecológicos sobre el medio ambiente. Entre las principales conclusiones se destaca: Con relación a la variable de la absorción, se constató que el testigo, T1 y T2, obtuvieron el menor porcentaje (6%), y para los T3=17 % y T4= 19%, estos obtuvieron los mayores porcentajes de absorción durante la investigación; Así mismo, la mejor resistencia lo obtuvo el Testigo con 153.9 kg/cm^2 , seguido del T1 con 152.1 kg/cm^2 , T2 con 144.7 kg/cm^2 , y para los T3 con 137.5 kg/cm^2 y el T4 con 134.7 kg/cm^2 , como de menor resistencia; La mejor proporción de las mezclas utilizadas para la elaboración de los ladrillos ecológicos a base de botellas, se tiene al T1, ya que tuvo una resistencia a la presión de 93.93 KN y una menor absorción de agua con el 6 %;. La utilización de botellas PET en la fabricación de ladrillos ecológicos, tiene un impacto significativo en el medio ambiente, ya que, ayuda a reducir la contaminación del suelo, agua y aire, además de mejorar la salud de los seres vivos. Y por último se presenta las siguientes recomendaciones: Utilizar botellas PET en la fabricación de ladrillos; pica las botellas PET, en fragmentos más largos y anchos; Realizar otras investigaciones, con diferentes proporciones, tamaño del ladrillo y tamaño de los plásticos

picados; Se recomienda utilizar la mezcla T1, debido a sus altas resistencia a la presión de 93.93 KN y una menor absorción de agua con el 6 %.

Palabras claves: Ladrillos, ecológicos, botellas, plásticos, PET.

Abstract

The present research entitled: "Elaboration of Ecological Bricks Based on PET Plastic Bottles as a Mitigation of Environmental Pollution in the Municipality of Cobija. This research was carried out in the Santa Cecilia neighborhood of the city of Cobija Pando, Bolivia. The specific objectives of this study were: Evaluate the dimensional variation, warping, absorption and compressive strength of eco-friendly bricks based on PET bottles, cement, sand and water; Determine the best proportion of mixtures for the production of ecological bricks based on PET bottles; Determine the manufacturing cost of eco-friendly bricks based on PET plastics and Assess the impact of the production of ecological bricks on the environment. The main conclusions of the planned objectives are: In relation to the absorption variable, it was found that the control, T1 and T2, obtained the lowest percentage (6%), and for T3=17% and T4=19%, they obtained the highest percentages of absorption during the research; Likewise, the best resistance was obtained by the Witness with 153.9 kg/cm², followed by T1 with 152.1 kg/cm², T2 with 144.7 kg/cm², and for T3 with 137.5 kg/cm² and T4 with 134.7 kg/cm², as having the lowest resistance; The best proportion of the mixtures used for the production of ecological bottle-based bricks is T1, as it had a pressure resistance of 93.93 KN and a lower water absorption with 6 %; The use of PET bottles in the manufacture of ecological bricks has a significant impact on our environment, since, by using these types of materials, we are reducing pollution on the soil, water and air, as well as on the health of living beings. And finally, there are the following recommendations: Make the use of PET bottles in the manufacture of bricks; Chop the bottles PET, en fragmentos más largos y anchos; Realizar otras investigaciones, con diferentes proporciones, tamaño del ladrillo y tamaño de los plásticos picados; Se

recomienda utilizar el T1, ya que tuvo una resistencia a la presión de 93.93 KN y una menor absorción de agua con el 6 %.

Palabras claves: Ladrillos, ecológicos, botellas, plásticos, PET.

Contenido

1	Introducción	1
1.1	Planteamiento del Problema	4
1.2	Justificación	6
1.3	Objetivo General	7
1.3.1	Objetivos Específicos	7
1.3.2	Hipótesis	8
2	Revisión Bibliográfica.....	9
2.1	Antecedentes	9
2.2	La Educación Ambiental.....	14
2.3	Reaprovechamiento de Residuos	14
2.4	Ladrillos Ecológicos	14
2.5	Medio Ambiente y el Uso del Plástico	15
2.6	Polietileno Tereftalato (PET).....	15
2.7	Adición de Residuos Orgánicos en la Fabricación de Ladrillos	16
2.8	Reciclaje de Plástico	16
2.9	Definición de Términos Básicos	17
2.9.1	Mitigación.....	17
2.9.2	Medidas de Mitigación	17
2.9.3	Reciclaje	17
2.9.4	Basura	17
2.9.5	Agua.....	18
2.9.6	Ladrillo	18
2.9.7	Ladrillo PET	19
2.9.8	Plástico.....	19
2.9.9	PET	19
2.9.10	Reciclaje	21
2.9.11	Cemento.....	21
2.10	Ensayo de Compresión	21
2.10.1	Cocción y Enfriamiento.....	22
2.11	Normativas de Calidad para el Ladrillo y Bloques para Muros.....	23
2.12	Características de los Materiales.....	24

2.13	Plasticidad.....	25
2.13.1	De acuerdo a los Resultados el Equivalente de Arena no es Inferior a Ochenta (80). 25	
2.14	Factibilidad Ambiental.....	26
3	Materiales y Métodos.....	27
3.1	Ubicación de la Investigación.....	27
3.2	Tipo de Investigación.....	27
3.3	Diseño Experimental.....	27
3.3.1	Características del Diseño Experimental de la Investigación.....	27
3.4	Materiales y Equipos Utilizados Durante la Investigación.....	28
3.5	Metodología Empleada Durante la Presente Investigación.....	28
3.5.1	Procedimiento Experimental.....	28
3.5.2	Adecuación del Diseño Experimental.....	28
3.5.3	Recolección, Clasificación y Preparación del Material Utilizados.....	29
3.5.4	Elaboración de Moldes de Madera.....	29
3.5.5	Fabricación del Ladrillo Ecológico.....	30
3.1	Recolección de Datos.....	33
3.1.1	Variación Dimensional.....	33
3.1.2	Alabeo.....	34
3.1.3	Absorción.....	34
3.1.4	Peso.....	35
3.1.5	Presión.....	35
3.1.6	Resistencia.....	36
4	Resultados.....	37
4.1	Absorción.....	37
4.2	Peso de Ladrillos.....	37
4.3	Presión.....	38
4.4	Resistencia a la compresión.....	39
4.5	Mejor Proporción de las Mezclas.....	40
4.6	Costo de fabricación de los ladrillos ecológicos a base de plásticos PET.....	41
4.7	Evaluación del impacto que ocasiona la producción de ladrillos ecológicos sobre el medio ambiente.....	42
5	Discusión.....	43

5.1	Resistencia a la Comprensión	43
5.2	Absorción.....	43
5.3	Medio Ambiente y el Uso del Plástico	44
7	Conclusiones	46
8	Recomendaciones.....	47
9	Bibliografía Consultada.....	48
10	Anexos	52

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de basura por semana en los barrios de la ciudad de Cobija (promedio de 6 miembros por familia)	2
Tabla 2 Norma Técnica Peruana NTP 331.017: Propiedades físicas de las unidades de mampostería.....	23
Tabla 3 Propiedades físicas de las unidades de mampostería para ladrillos cerámicos y de concreto	24
Tabla 4 Cantidad de unidades de material inorgánico reciclado por cada unidad de ladrillo ecológico de 25x12x5 cm.	26
Tabla 5 Características de los Tratamientos evaluados	27
Tabla 6 Equipos, herramientas y escritorio utilizados en la presente investigación	28
Tabla 7 Absorción de agua en los cinco tratamientos estudiados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando.....	37
Tabla 8 Peso medio de ladrillos (kg) de los cinco tratamientos estudiados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando	38
Tabla 9 Prueba para la Presión de ladrillos (Pascal) de los cinco tratamientos evaluados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando	39
Tabla 10 Prueba de resistencia de ladrillos de los cinco tratamientos evaluados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando	40

Tabla 11 Mejor proporción de las mezclas de ladrillos ecológicos a base de botellas PET, evaluados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando.....	41
Tabla 12 Costo de fabricación de los ladrillos ecológicos a base de plásticos PET	41

1 Introducción

Un problema ambiental que enfrentan la mayoría de urbes en el mundo, y en particular Latinoamérica, es poder gestionar y disponer adecuadamente de la gran cantidad de residuos sólidos urbanos producidos. Esta situación es evidente al observar desechos tirados en las afueras de las ciudades, en los cauces de los ríos o cuando son enterrados sin ninguna consideración técnica (Sánchez Bernal et al., 2019, p. 24).

El plástico desde hace muchos años ha sido uno de los principales contaminantes del planeta, por el consumo desmedido que se le da y tratamientos que son necesarios para su reducción está convirtiendo gradualmente en el más importante problema ambiental y su eliminación amenaza seriamente el desarrollo sostenible de la sociedad actual.

La sociedad no se concibe sin la existencia de envases; y en especial los de plásticos, que gracias a ellos, se pueden garantizar las condiciones adecuadas de salubridad y calidad principalmente, constituyendo una garantía para el consumidor que puede adquirir bienes (en especial líquidos) en condiciones adecuadas independiente del origen de los mismos; sin embargo, los fabricantes con ayuda de investigadores han buscado nuevos usos para estos materiales con posibilidad de ser reciclados, como es el caso de ser utilizados como ladrillo ecológicos a base de ellos (Linda Almendra, 2020, p. 1).

En la actualidad podemos ver como los desechos generados por el ser humano es uno de los factores que impactan el medio ambiente de manera negativa en todo el mundo, en los ríos mares y cuerpos de agua vemos como se encuentran cientos de desechos que tardan años en su descomposición generando no solo daño al ecosistema si no problemas de salud; el crecimiento de la población sumado con el desarrollo de la industria ha generado un incremento en la generación de residuos sólidos (Alzate Villamil, 2022, p. 8).

En el departamento Pando la industria no se ha desarrollado de la misma manera que en otras ciudades del país, sin embargo, la contaminación ambiental viene siendo desde varios años un factor determinante en la salud pública de los pobladores del departamento. En el caso específico de la ciudad de Cobija, uno de los factores que contribuye a la contaminación del medio ambiente y generación de enfermedades infectocontagiosas es la producción y, sobre todo, la gestión de los residuos urbanos (GRSU), generación que puede estar relacionada al incremento poblacional. Esto representa un riesgo para la salud de los pobladores de la ciudad. (Inés et al., 2010, p. 3)

Tabla 1

Clasificación de basura por semana en los barrios de la ciudad de Cobija (promedio de 6 miembros por familia)

Barrios	Orgánicos K/semana	Inorgánica K/semana	Total K/semana
27 de mayo	17,75	2,75	20,5
Pantanal	22	3	25
Central	15,75	4,5	20,25
Internacional	26	7,75	33,75
Villa Cruz	25	8	33
Puerto Alto	27	7	34
Total	133,5	33	166,5

Nota. (Inés et al., 2010, p. 43)

Las descargas directas de basura clandestinas es otro problema, inclusive sobre los desagües, cursos de aguas y arroyos circundantes. El municipio de Cobija produce diariamente aproximadamente 60 toneladas de basura, de las cuales entre el 10 y 20 por ciento

son echadas por los vecinos en terrenos baldíos y en los arroyos. Una gran parte de los residuos sólidos y líquidos son arrojados a las calles desde, centros comerciales, mercados públicos y viviendas y cuando llueve son arrastrados a los arroyos y al río Acre.

Ante todos estos problemas hace falta un manejo adecuado de parte de las entidades competentes del Municipio de Cobija y de la gobernación de Pando, especialmente de las direcciones sobre medio ambiente. Se requiere un manejo integral de todo lo que hemos mencionado y otros problemas ambientales que afectan también a la calidad de vida de la población. Es necesario reducir la contaminación del agua, la erosión hídrica, conservar la cobertura boscosa, monitorear evaluar y buscar soluciones inmediatas a los problemas ambientales que se agravan día a día. (argv. E338951d, 2013)

Es por ello, que es importante reciclar los plásticos, ya que es uno de los que causan un nivel alto de contaminación tanto en las áreas urbanas como rurales, problemática que se atraviesa a nivel mundial, en consecuencia, es preciso reciclar estos tipos de materiales, dándole otra utilidad de diferentes maneras, de esta forma estaríamos contribuyendo en la mitigación al medio ambiente.

Si bien, el crecimiento poblacional, obliga la construcción de más viviendas, las cuales en su mayoría son construidas con ladrillos, autoconstrucción que será permanente en el tiempo. Sin embargo, estos materiales se pueden cambiar, por los ladrillos ecológicos que tengan las condiciones y criterios mínimos de uso.

En tal sentido, la presente investigación titulada “Elaboración de Ladrillos Ecológicos a Base de Botellas Plásticas PET”, a través de esta, se pretende innovar los materiales de construcción, con la elaboración de ladrillos ecológicos, los cuales en su composición tendrán plástico picado de botellas PET, arena, cemento y agua en diferentes proporciones, estos no se

someterán a altas temperaturas en hornos, con la finalidad, poder evitar las emisiones de contaminantes atmosféricos, disminuyendo los impactos negativos sobre nuestro medio ambiente

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad existe una gran acumulación de residuos sólidos inorgánicos, en especial los plásticos PET, que se consumen de forma masiva y tiene la propiedad de no degradarse fácilmente (es un proceso tan lento que una botella de plástico tarda en descomponerse una media de 450 años expuestos a rayos UV del Sol y más de 1 000 años enterrados), afectando de esta manera al ambiente. Estos desechos provocan una gran preocupación en la población, ya que no existe un adecuado manejo de los mismos, se sabe que existen infinidad de recicladoras que se encargan de darle un determinado proceso, pero esto no es suficiente para combatir los daños causados al ambiente, otras botellas van a parar al agua provocando inundaciones, muerte de los seres acuáticos, daños materiales, entre otros (Linda Almendra, 2020, p. 18).

En Bolivia se estima que anualmente se importan alrededor de 285.000 toneladas de plásticos (60% material manufacturado, 20% material primario y 20% material no primario) con un costo aproximado de 560 millones de dólares. Los principales importadores se encuentran localizados principalmente en el eje troncal, las ciudades de La Paz (34%), Cochabamba (21%) y Santa Cruz (41%). Los principales productos son las bolsas plásticas, los envases de poliestireno (Tecnopor) y botellas plásticas. En cuanto a la disposición de residuos, se estima que el 12% en promedio de los residuos urbanos son plásticos. De esta cantidad aproximadamente un 5% termina en botaderos a cielo abierto o cuerpos de agua en lugar de rellenos sanitarios por la no cobertura total por los sistemas de recolección

municipales. Las actividades de reciclaje son desarrolladas por asociaciones de acopiadores informales, el principal material plástico aprovechado son las botellas (Suárez, 2024, p. 3).

Por tales razones, actualmente en el municipio de Cobija, existe gran generación de botellas PET, ya sea por tiendas comerciales, restaurant, puestos de comidas, hoteles, discotecas entre otras actividades, residuos que vienen a dar un mala imagen a la ciudad, convirtiéndose en una problemática tanto para el medio ambiente, como para, el Gobierno Municipal de Cobija, ya que actualmente no tiene las condiciones económicas para poder darle solución a la generación y gestión adecuada de estos residuos, y en muchas ocasiones estos son arrojados, en diferentes avenidas, calles, parques, plazas, ríos, arroyos, boca de tormenta, drenajes, ocasionando problemas ambientales, como la proliferación de plagas y enfermedades, respiratorios, cutáneas, emisiones del CO₂ en la atmosfera, suelo y agua.

En tal sentido, el presente trabajo de investigación, tiene el propósito de elaborar ladrillos ecológicos utilizando botellas PET de plástico, producto que se propone como alternativa para la construcción sostenible de ladrillos ecológicos, contribuyendo a mitigar la contaminación a nuestro medio ambiente.

Según la ONU menciona que por año se generan más de 400 millones de toneladas de plástico en todo el mundo, y solo el 9% de estos, son reciclados, demostrando que a nivel mundial existe un nivel alto de contaminación sobre el medio ambiente, ya que este tipo de material, tardan muchos años en degradarse, es por ello que es una preocupación que atinge a la sociedad a nivel mundial, es por ello que se tienen que proponer nuevos materiales a partir de las plásticos, en este caso de las botellas PET, ayudando a disminuir la cantidad de plástico generado en nuestro planeta.

En tal sentido que, a través de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas y Naturales de la Universidad Amazónica de Pando, plantea la presente propuesta de investigación de elaboración de ladrillos ecológicos a base botellas de plásticos PET, para mitigar la contaminación en nuestro medio ambiente.

1.2 Justificación

El ladrillo ecológico nace para reducir la contaminación del medio ambiente, buscando optimizar los materiales de reciclaje como el papel plastificado y el vidrio principalmente, aprovechando las propiedades de los materiales que se emplean como sustituto de los demás agregados que normalmente se requieren para la elaboración de un ladrillo tradicional. Podemos decir que disminuimos en un porcentaje significativo a la explotación y erosión de los suelos que es de donde se extrae el 100% de materia utilizado para la elaboración del ladrillo, sin disminuir sus especificaciones, manteniendo su valor comercial en el mercado. Por estas y más razones en la actualidad tanto ingenieros como arquitectos están apuntándole a construcciones sostenibles (Romero & Pajoy, 2019, p. 12).

Buscar nuevas alternativas constructivas y ecológicas que sirvan como elementos resistentes a bajo costo, aprovechando materiales de la zona donde será la construcción y controlar la contaminación generada por el uso de grandes cantidades de energía para la elaboración de mampostería tradicional. (Moya et al., 2019)

“En Bolivia los consumidores de productos que vienen en envases de botellas plásticas PET desechan el 50% de este producto, 34% lo reutilizan y el 19% las llevan a centros de acopio” (Mamani Churata & Limachi Nina, 2022, p. 2).

De acuerdo a las revisiones bibliográficas realizadas, el municipio de Cobija, no cuenta con datos e investigaciones actualizadas y mucho menos, que haga referencia a la

elaboración de ladrillos ecológicos a base de botellas PET de plásticos, generadas por la ciudadanía, sabiendo que existe una gran generación de estos residuos sobre nuestro medio ambiente, debido al alto consumo de gaseosas en diferentes sabores y volúmenes que vienen en envases plásticos.

La contaminación por botellas de plásticos PET, tiene efectos nocivos sobre nuestro medio ambiente, en muchos casos son desechados, por falta de conocimiento de los usuarios para su reciclaje, este es un problema que atravesamos día a día, la cual requiere de una alternativa que vaya a contribuir a la minimización de la contaminación ambiental, ya sea a través de tratamientos, gestión, reciclaje, etc. Una de las propuestas que se pretende presentar para detener o mitigar esta problemática, es a través de la elaboración de ladrillos ecológicos a base botellas de plásticos PET, de esta manera se podrá reducir un alto porcentaje de contaminación y lo más importante que es amigable con el medio ambiente en el que habitamos.

1.3 Objetivo General

Evaluar los ladrillos ecológicos a base de botellas plásticas PET, para mitigar la contaminación ambiental en el municipio de Cobija, capital del departamento Pando.

1.3.1 Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar la variación dimensional, alabeo, absorción y la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos a base de botellas PET, cemento, arena y agua.
- ✓ Determinar la mejor proporción de las mezclas, para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de botellas PET.
- ✓ Determinar el costo de fabricación de los ladrillos ecológicos a base de plásticos PET.

✓ Evaluar el impacto que ocasiona la producción de ladrillos ecológicos sobre el medio ambiente.

1.3.2 Hipótesis

Ha.- La calidad de los ladrillos ecológicos a base de botellas PET de plásticos, dependerá de los tratamientos a ser aplicados, y tendrán un impacto significativo sobre el medio ambiente.

Ho. - La calidad de los ladrillos ecológicos a base de botellas PET de plásticos, no dependerá de los tratamientos a ser aplicados, y no tendrán un impacto significativo sobre el medio ambiente.

2 Revisión Bibliográfica

2.1 Antecedentes

Rodríguez Carrasco (2022) en su investigación pretende introducir una innovación en el uso de materiales constructivos, usando materiales reciclados para la elaboración de ladrillos ecológicos sin cocción con el fin de evitar emisiones de contaminantes a la atmósfera y así disminuir el impacto negativo en el ecosistema. Se planteó como objetivo general: determinar las propiedades físico mecánicas del ladrillo ecológico para losa aligerada. El estudio es cuantitativo, de nivel descriptivo y de diseño experimental; la muestra estuvo conformada por 25 especímenes elaborados con: aserrín de madera de pino, hojuelas de botella PET, cemento adicionado ICo y agua reciclada gris del lavado de ropa. Los resultados mostraron que, en relación a las propiedades físicas como agregados, el aserrín cumplía con el uso granulométrico del agregado fino especificado en la NTP 400.037, las hojuelas de botella PET se aproximaban al uso granulométrico 7 del agregado grueso especificado en la NTP 400.037; respecto a las propiedades químicas, el agua gris cumple los límites químicos opcionales de agua de mezcla combinada especificada en la NTP 339.088; asimismo, al realizar la dosificación de materiales se obtuvo una mezcla con un asentamiento de 3/4" (consistencia plástica), obteniéndose un ladrillo poroso, con una relación $a/c=1.92$. Se concluye que, el ladrillo ecológico cumple con las propiedades físico mecánicas estipuladas en la NTP 399.613 en un 80 %; toda vez que cumple en las características de flexo tracción= 6.21kg/cm², eflorescencia= no eflorece, alabeo= 1.8mm y variación dimensional= -1.6mm, a excepción de la absorción= 30% que no cumplía con lo señalado en la NTP 331.017.

(Lachos Labán, 2020) Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físicas mecánicas, de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado, definidas en la norma técnica E.070. Para lo cual se determinaron las proporciones óptimas de los agregados en la mezcla de concreto para elaborar una unidad de albañilería clase IV. Posteriormente se procedió a agregar a la mezcla de ladrillo de concreto vibrado hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes crecientes de 0%, 3%, 6% y 9%, obteniéndose cuatro tipos de ladrillo, a éstos se les realizó diferentes ensayos a los 28 días de edad para determinar sus propiedades físico mecánicas; siendo la propiedad principal en la clasificación de las unidades de albañilería la resistencia a compresión, los valores característicos determinados son $f'_b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$, $f'_b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$, $f'_b = 118.80$ y $f'_b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$ con coeficientes de variación de 2.95%, 6.86%, 4.54% y 6.41% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. Se determinó la resistencia a compresión axial característica en pilas, cuyos valores son $f'_m = 128.55 \text{ kg/cm}^2$, $f'_m = 100.83 \text{ kg/cm}^2$, $f'_m = 79.79 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_m = 76.75 \text{ kg/cm}^2$ con coeficientes de variación de 9.24%, 11.49%, 11.68% y 8.63% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. La resistencia a corte característica en muretes es $V'_m = 16.47 \text{ kg/cm}^2$, $V'_m = 12.83 \text{ kg/cm}^2$, $V'_m = 13.17 \text{ kg/cm}^2$ y $V'_m = 9.96 \text{ kg/cm}^2$ con coeficientes de variación de 15.42%, 9.27%, 10.33% y 10.36% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. Se concluyó que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET reciclado no mejoran, habiendo una disminución máxima de la resistencia a compresión del ladrillo de 51.5 kg/cm^2 o 31.8%, respecto de la mezcla patrón; sin embargo, las propiedades físico mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado cumplen con los requerimientos definidos por la norma E.070:2006.

Inga Sánchez (2022) El presente informe de investigación titulada “Diseño y Desarrollo de ladrillos a base de plásticos reciclados, para reducir los niveles de contaminación del medio ambiente en el distrito de Carabaylo” tiene como objetivo desarrollar el diseño y la fabricación de ladrillos con plásticos reciclados (botellas descartables), debido a la alta contaminación que hoy en día enfrentamos en todos los distritos de la ciudad de Lima. Este informe de investigación se centra en Carabaylo un distrito Joven de Lima y por presentar altos índices de contaminación debido a la fabricación de ladrillos artesanales de ese lugar. El incremento de la población en los principales pueblos jóvenes a demandado el uso de materiales para su vivienda y una alternativa son los ladrillos ecológicos que permitan minimizar los impactos ambientales. Con este proyecto queremos dar una solución al problema que cada día crece con más frecuencia, al utilizarlos en los ladrillos la cantidad de envases de plástico y de cartones va reducir en un porcentaje regular, si se opta por adquirir esos productos en las viviendas, parques, veredas, etc. Daría solución a problemas de construcción y manipulación por parte de las personas, el material tiende a ser más resistente al no ser solo de arena, al estar el plástico y cartones dentro de los ladrillos, les hace adquirir una consistencia más dura.

El presente proyecto investigativo demuestra la problemática en el que se encuentra el Distrito Metropolitano de Quito, esto es debido al alto consumo por parte de la sociedad de materiales plásticos entre ellos el polietileno de tereftalato (PET) los cuales no tiene un destino final apropiado. En primer lugar, el proyecto proporciona factores favorables para una construcción sostenible, porque se intenta mitigar el problema de la contaminación y de la disminución de uso de mamposterías tradicionales. El objetivo es brindar a la sociedad alternativas de construcción mediante el reciclaje de materiales de alto consumo logrando

conservar el medio ambiente, una forma de mitigación es la reutilización de las botellas plásticas de cualquier capacidad como elementos constructivos de mampostería. Esta construcción novedosa debe cumplir con parámetros que brinden seguridad a sus ocupantes, para ello la investigación determinará a través de ensayos en especímenes de mampostería las bases de diseño para la construcción con elementos reciclados, verificando los resultados con las normas vigentes en el país. (Moya et al., 2019)

El presente trabajo se enmarcó en la modalidad de pasantía en el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBBJCM), como centro de Investigación Científico Distrital, el cual se encarga de dirigir y llevar a cabo diversos procesos de gestión integral. Con ayuda de este trabajo se brindó el espacio para generar conciencia sobre la importancia de manejar adecuadamente los residuos plásticos conociendo el impacto que estos generan en el ambiente; por lo cual se desarrolló una propuesta ambiental que promueve la creación de ECO-LADRILLOS, que podrán ser donados y utilizados para diversas obras sociales. Esto permitió dar un uso diferente a los plásticos usados cotidianamente y disminuir así los residuos sólidos que llegan a los sitios destinados para la recolección de basuras y que tienen una relación directa con los gases que producen el efecto invernadero y el cambio climático, unido con el propósito de la Subdirección Educativa y Cultural que es desarrollar una labor orientadora guiada a generar un cambio cultural que permitirá construir una ciudad sostenible, equitativa y resiliente. (Gamboa Recalde & Recalde Sánchez, 2015, p. 7)

Se presenta una alternativa de construcción que promete mitigar el daño ambiental utilizando para su fabricación adobes PET lo cuales están formados por mortero en proporciones 1:3 y 4 botellas plásticas de 200 ml cada una llenas con tierra compactada, estas botellas actúan como aligerante dentro del bloque, y se comparan con un ladrillo convencional

para definir sus propiedades físico mecánicas, conocer el precio del metro cuadrado de este nuevo tipo de bloque y conocer su aporte al medio ambiente. (Vargas Vera & Tascon Areisa, 2016, p. 11)

La presente monografía expone la implementación de materiales no convencionales reciclables como el plástico tereftalato (PET) en la elaboración de ladrillo de concreto con la finalidad de introducir materiales de construcción que aporten a la mitigación de la contaminación del medio ambiente. Para ello es necesario conocer el comportamiento de estos ladrillos respecto a sus propiedades físico-mecánicas con la adición de este tipo de plástico en su proceso de fabricación. Dentro de este análisis, inicialmente se describirá al plástico PET en general, teniendo en cuenta sus características, propiedades mecánicas y el uso que se le ha dado a este material en el área de la ingeniería civil. (López Rivera & Pascuales Díaz, 2023, p. 10)

El acelerado proceso de producción de residuos sólidos, debido a las actividades humanas, es una de las razones de las problemáticas ambientales, por lo cual actualmente se proponen estrategias para mitigar el impacto provocado por las distintas problemáticas. La construcción con eco-ladrillos en la Institución Educativa Rural Benilda Valencia sede Miguel Ángel Builes, del municipio de Donmatías-Antioquia, permitió el desarrollo de estrategias de recuperación y reutilización de residuos sólidos, específicamente plásticos como botellas PET, teniendo en cuenta el aumento de vida útil del relleno sanitario, con la disminución de residuos sólidos aprovechables. (López Ramírez, 2018, p. 9)

2.2 La Educación Ambiental

La educación Ambiental surge como producto de las reflexiones a las problemáticas naturales y sociales. Una preocupación a nivel mundial, producto de la excesiva explotación de los recursos naturales, permite la construcción y el desarrollo de normas en las diferentes naciones, lo cual conlleva a todo un proceso de pensar en la importancia de la educación ambiental, generando así herramientas encaminadas a la preservación del ambiente. De acuerdo a esto, las normas pretenden, a partir de la educación, movilizar procesos que lleven a la mitigación y prevención de las problemáticas ambientales que crecen día a día, muchas de ellas, por desconocimiento de acciones diferentes que aseguren mejores estilos de vida. (López Ramírez, 2018, p. 39)

2.3 Reaprovechamiento de Residuos

Se entiende como el proceso para volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye el residuo. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento: el reciclaje, recuperación o reutilización. (Bolaños, K., 2011)

2.4 Ladrillos Ecológicos

Los ladrillos ecológicos son productos alternativos dentro de la construcción, que resulta de la mezcla homogénea de tierra inerte, cemento y agua y que es prensado con una máquina que podría ser manual o mecánica, prensado a mayor esfuerzo y a una humedad óptima, para lograr buenas propiedades mecánicas(Alexander, 2019, p. 6).

Los ladrillos son unidades que se manipulan con una sola mano por su dimensión y peso. La mayoría son fabricadas de manera industrial, pero existen fabricaciones artesanales que pueden ser huecas, tubulares, solidas o alveolares. Se usaron las unidades de albañilería de concreto luego de haber alcanzado la resistencia y estabilidad volumétrica establecidas en la

norma. El curado con agua en las unidades fue de 28 días para ser usadas. (Manuel Osotos, 2021, p. 9)

2.5 Medio Ambiente y el Uso del Plástico

Con el paso de los años el problema de la contaminación ambiental relacionado con el uso desmedido de envases plásticos ha generado un alto impacto ambiental en el mundo deteriorando los ecosistemas causando pérdidas significativas en la flora y fauna. Hablando específicamente del plástico, por sus características de flexibilidad y bajo costo ha sido uno de los productos derivados del petróleo más utilizados en el mundo, lo que ha llevado a su producción de firma masiva. La producción del plástico tiene su mayor acogida desde al redor de los años cincuenta el cual ha ido aumentando de manera progresiva, llegando a producir en la actualidad más de cien millones de toneladas de plástico al año, que tardan entre ciento cincuenta a mil años en descomponerse. Los plásticos que se producen en mayor proporción son el polietileno, polyester, polipropileno y cloruro de polivinilo y un alto porcentaje de este plástico se utiliza en la elaboración de envases de un solo uso, generando un alto volumen de contaminación en el medio ambiente y la forma en que los seres humanos las desechan han generado la extinción de especies marinas. Además, la falta de realización de procesos naturales y que diferentes cuerpos acuáticos se llenen de algas y floro nociva como mecanismo de defensa, desaparición y sequía de diferentes cuerpos de agua, falta de pureza en el agua que se encuentra en cuerpos que la habitan, entre otros (Villamil, 2022, p. 11).

2.6 Polietileno Tereftalato (PET)

El PET es producido a partir del petróleo crudo, gas y aire. Está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire, y se caracteriza por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, alto grado de transparencia y brillo,

conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales (Linda Almendra, 2020, p. 26).

2.7 Adición de Residuos Orgánicos en la Fabricación de Ladrillos

La demanda de ladrillos de arcilla con mayor capacidad de aislamiento es creciente, razón por la cual se estudian nuevos mecanismos que nos permitan aumentar la porosidad mediante el uso de materiales de desecho de las industrias. Los aditivos orgánicos formadores de poros son los más frecuentes utilizados para este fin. La conductividad térmica es un factor decisivo en el termo-ingeniería usado para el aislamiento térmico de un material. Una manera de aumentar la capacidad de aislamiento del ladrillo es generar porosidad en el cuerpo de arcilla (Camacho & Mena, 2018, p. 8).

2.8 Reciclaje de Plástico

Las posibles vías de reutilización de los plásticos son de diferente naturaleza, abarcando desde su reciclado directo, incineración con o sin recuperación energética, hasta su transformación en productos más nobles y de mayor valor agregado mediante el reciclaje químico. La selección del procedimiento para el reciclado depende de su composición, legislación medioambiental, precio de las materias vírgenes y estrategias de reciclaje (Linda Almendra, 2020, p. 28).

El reciclaje permite: (Alarcón, 2013)

- ✓ Conservación y ahorro de recursos naturales.
- ✓ Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar.
- ✓ Protección del medio ambiente. – Alargar la vida de los materiales con diferentes usos.

- ✓ Elevar la calidad de vida. A nivel nacional, sólo el 4.6 % se aprovecha de manera formal e informal, de los cuales el 0.91 % corresponde al aprovechamiento de residuos orgánicos y el 3.7 % a residuos inorgánicos reciclables. Del total de residuos orgánicos, se aprovecha el 1.6 % y de inorgánicos reciclables el 16.6 %. Se estima que, en Bolivia, existen más de 10 mil personas, que trabajan de forma permanente en la recolección informal de residuos. (Gareca et al., 2020, p. 30)

2.9 Definición de Términos Básicos

2.9.1 Mitigación

Es la acción de atenuaciones o disminución del impacto ambiental negativo producido por un suceso de origen natural, tecnológico o bien por las actividades humanas a fin de reducirlo a límites tolerables o admitidos por la normativa vigente. (Cubero, 2009, p. 49)

2.9.2 Medidas de Mitigación

Son aquellas acciones destinadas a disminuir los impactos ambientales y sociales negativos, de tipo significativo, ocasionados por la ejecución y operación de una actividad, obra o proyecto y dependiendo de su magnitud, podrá ser aplicable a su área de influencia directa e indirecta. (Cubero, 2009, p. 48)

2.9.3 Reciclaje

Según (Cubero, 2009), “Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos para los fines nuevamente productivos” (p. 56).

2.9.4 Basura

Desechos, generalmente de origen urbano y de tipo sólido. Hay basura que puede reutilizarse o reciclarse. Para proteger el medio ambiente hay leyes para su eliminación. En la

naturaleza, la basura no sólo afea el paisaje, sino que además lo daña, por ejemplo puede contaminar las aguas subterráneas, los mares, los ríos etc. (Coronel, 2015, p. 13)

Mezcla de dos o más residuos distintos en su origen, naturaleza, características y vocación intrínseca, que dificulta o imposibilita su valorización mediante reutilización o reciclaje y que puede representar un riesgo para la salud humana y para el medio ambiente. (Cubero, 2009, p. 13)

2.9.5 Agua

Líquido inodoro, incoloro e insípido, ampliamente distribuido en la naturaleza. Representa alrededor del 70% de la superficie de la Tierra. Formado por dos partes de hidrógeno y una de oxígeno, que se encuentra en estado sólido, líquido y gaseoso. Componente esencial de los seres vivos. Está presente en el planeta en cada ser humano, bajo la forma de una multitud de flujos microscópicos (Coronel, 2015, p. 4).

2.9.6 Ladrillo

Los ladrillos son unidades que se manipulan con una sola mano por su dimensión y peso. La mayoría son fabricadas de manera industrial, pero existen fabricaciones artesanales que pueden ser huecas, tubulares, solidas o alveolares. Se usaron las unidades de albañilería de concreto luego de haber alcanzado la resistencia y estabilidad volumétrica establecidas en la norma. El curado con agua en las unidades fue de 28 días para ser usadas (Manuel, 2021, p. 9).

Es un bloque hecho de arcilla o adobe, con o sin cocción. También se hacen de hormigón. Son hechos en moldes o extendiendo la arcilla en una capa gruesa y luego cortándola con alambres al tamaño adecuado. Los ladrillos son utilizados en edificaciones o pavimentación.

2.9.7 Ladrillo PET

Bloque de concreto vibrado con porcentajes variables de hojuelas de PET (principalmente reciclado).

2.9.8 Plástico

En su significación más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

2.9.9 PET

Abreviación de Polietilentereftalato o Tereftalato de Polietileno, que es un polímero que pertenece al grupo de los poliésteres, en función de su estructura cristalina consiguen ser utilizados como fibras en la industria textil y como plásticos en la fabricación de envases para diferentes usos, como botellas para el agua o gaseosas. (Bolaños, K., 2011)

Son compuestos constituidos por moléculas que forman estructuras muy resistentes, que permiten moldeado mediante Presión y Calor. La American Society for Testing Materials (ASTM) define como plástico a cualquier material de un extenso y variado grupo que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular, siendo sólida en su estado final; ha tenido o puede haber tenido en alguna etapa de su manufactura (fundido, cilindrado, prensado, estirado, moldeado, etc.) diferentes formas de fluidificación, mediante la aplicación, junta o separada, de presión o calor. Los plásticos se caracterizan por una relación

resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y no son adecuados para utilizarse a temperaturas elevadas. Los plásticos son producidos mediante un proceso conocido como polimerización, ya sea por adición, por condensación, o por etapas, es decir, creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. (Escuela Colombiana de Ingeniería (Linda Almendra, 2020, pp. 25-26).

Actualmente los residuos sólidos forman un gran deterioro medioambiental que es de intereses social, para resolver la contaminación ambiental, el ladrillo plástico puede ser una solución ideal. Por un lado, el uso de materiales plásticos en la producción de ladrillos puede resolver el problema de los residuos y, por otro lado, reducirá la demanda de diferentes materiales de construcción. Para fabricar ladrillos de plástico se pueden utilizar diferentes materiales plásticos como polietileno (PE), botellas de tereftalato de polietileno (PET), etc. Entre todos los plásticos, el polietileno es el que más consume. Las bolsas de plástico se recolectan, limpian y trituran en agregados finos. Luego, mezcle en una proporción diferente para obtener ladrillos de alta resistencia que tengan propiedades de aislamiento térmico y acústico. Este plástico PET deriva del petróleo, está compuesto de aire gas y petróleo, por eso, es un tema fundamental y de vital importancia para la sostenibilidad ambiental del planeta tierra. (López Rivera & Pascuales Díaz, 2023, p. 7)

2.9.10 Reciclaje

Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente (Linda Almendra, 2020, pp. 42-43).

2.9.11 Cemento

Es un conglomerante hidráulico capaz de unirse a otros y dar cohesión al conjunto, que amasado con agua fragua al aire o bajo el agua. Producto obtenido por el tratamiento térmico de sinterización de sus materias primas como son: arcilla, caliza, dolomita, arena y elementos en forma de óxidos. El resultando del tratamiento es el Clinker, es un material hidráulico que posee en mayor proporción de composición a los silicatos de calcio ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), que es la causa del fraguado del cemento (Orihuela & Candelaria, 2018, p. 29).

2.10 Ensayo de Compresión

Es un ensayo técnico normalizado, para determinar la resistencia de un material o su comportamiento de deformación ante un esfuerzo de compresión. El ensayo es esencial para materiales de construcción, tales como ladrillos, columnas, cimientos, concreto, calicatas, etc.(Orihuela & Candelaria, 2018, p. 32).

Compresión:

Este ladrillo diseñado con una dosificación 1 de material inorgánico PP que corresponde al 2 %, presenta una resistencia de 112.5 Kg/cm² mayor a la resistencia de un ladrillo de arcilla de primera categoría. La trabajabilidad del mortero al momento del mezclado es aceptable con este porcentaje no habiéndose tenido problemas de falta de adherencia entre los componentes del mortero y que se verifica en los resultados obtenidos. El uso de una mayor cantidad de material PP afecta a la resistencia a la compresión y trabajabilidad reduciendo estas dos variables (Gareca et al., 2020, p. 48).

Absorción:

Esta característica física de este tipo de ladrillo es la mayor en relación a los otros tipos de ladrillos estudiados, teniendo una absorción de 11.05 %, pero que aún es menor en relación a los ladrillos de arcilla y bloque de mortero con aditivo, siendo aún menor al 12% de absorción máxima exigida en la norma colombiana (Gareca et al., 2020, p. 48).

Flexión:

El módulo de ruptura obtenido para este ladrillo con PP, resultó menor en un 8.74 % con respecto a un ladrillo de primera calidad, es decir, que la adherencia es menor y es afectada con este tipo de material a pesar que la absorción es similar al del ladrillo de primera calidad. Se debe tomar en cuenta que los vasos desechables usados fueron de baja densidad (Gareca et al., 2020, p. 48).

2.10.1 Cocción y Enfriamiento

Los ladrillos son sometidos al proceso de cocción entre 10 y 40 horas, dependiendo del tipo de horno y otras variables. Hay varios tipos de hornos usados por los fabricantes. El tipo más común es un horno de túnel, seguido de hornos periódicos. El combustible puede ser gas natural, carbón, gas o una combinación de estos combustibles. En un horno de túnel los ladrillos son cargados en los coches del horno, que pasan a través de varias zonas de temperatura a medida que viajan a través del túnel. Las condiciones de calor en cada zona se controlan cuidadosamente, y el horno se opera continuamente. Las temperaturas en cada etapa de la cocción son variadas, el secado tiene lugar a temperaturas de hasta 204 ° C, deshidratación de aproximadamente 149 °C a 982 °C, oxidación de 538 °C a 982 °C y vitrificación 871 °C a 1316 °C. La vitrificación es una de las etapas más importantes ya que permite que la arcilla se convierta en una masa dura y sólida con una absorción relativamente

baja por lo cual, la clave al proceso de cocción es controlar la temperatura en el horno para que se produzca una fusión incipiente y una vitrificación parcial, pero se evita la fusión viscosa. (The Brick Industry Association, 2006) Una vez que la temperatura ha alcanzado su punto máximo y se mantiene durante un tiempo preestablecido, comienza el proceso de enfriamiento. El tiempo de enfriamiento es de máximo 10 horas para hornos de túnel y de 5 a 24 horas en hornos periódicos. El enfriamiento es una etapa importante en la fabricación de ladrillos porque la velocidad de enfriamiento tiene un efecto directo sobre el color (Camacho & Mena, 2018, pp. 16-17).

2.11 Normativas de Calidad para el Ladrillo y Bloques para Muros

En Bolivia no existe una norma de calidad para ladrillos y bloques, razón por la cual se detalla algunas características de la Norma Técnica Peruana NTP 331.017 (Ministerio de Vivienda, 2006), Norma Chilena 169 (COPANT, 2001) y la Norma Técnica Colombiana NTC 4017 (ICONTEC, 2009), como referentes para la investigación:

Tabla 2

Norma Técnica Peruana NTP 331.017: Propiedades físicas de las unidades de mampostería

Tipo	Resistencia a la compresión (mínimo en Kg/cm ²)	Densidad (mínimo en g/cm ³)	Absorción (máx. en %)
I	60	1,50	Sin límites
II	70	1,55	Sin límites
III	95	1,60	25
IV	130	,165	22
V	180	,170	22
Bloque portante	50	-	12
Bloque no portante	20	-	15

Nota. (Gareca et al., 2020, p. 31)

El ensayo de absorción máxima sólo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.

Tabla 3

Propiedades físicas de las unidades de mampostería para ladrillos cerámicos y de concreto

Tipo	Resistencia a la compresión (mínimo en Kg/cm²)	Absorción (máx. en %) Interior	Absorción (máx. en %) Exterior
Ladrillo macizo estructural	150	16	14
Ladrillo macizo no estructural	100	14	20
Ladrillo de concreto	50	12	12

Nota. (Gareca et al., 2020, pp. 31-32)

2.12 Características de los Materiales

a) Cemento

El agregado de cemento mejora las condiciones de los ladrillos, dándole características de estabilidad y resistencia, el cemento que se empleó fue el Portland IP30 (FANCESA).

Clasificación: – Norma boliviana NB 011 – Se clasifica por su composición y resistencia como cemento portland con puzolana tipo IP- 30, con categoría resistente mínima de 30 MPa a 28 días en mortero normalizado. Características:

- Elevadas resistencias mecánicas
- Menor calor de hidratación
- Mayor impermeabilidad en hormigones y morteros
- Mayor resistencia a ataques químicos y sulfatos
- Menor fisuración y retracción térmica – Excelente trabajabilidad
- Mayor durabilidad
- Menor reacción expansiva álcali/agregado Campo de aplicación recomendado:
- Hormigones estructurales en general de viviendas y edificios
- Prefabricados de mortero
- Pavimentos rígidos

– Hormigones y morteros para ambientes agresivos y que requiera impermeabilidad.

b) Arena

La arena que se empleó, fue arena lavada cernida, libre de residuos orgánicos o presencia de limo. Definiéndose como agregado fino a emplear en morteros y hormigones, la fracción de agregado mineral del cual pasa por el tamiz N° 4 ASTM, un mínimo del noventa por ciento (90%), en peso, según los resultados obtenidos se obtuvo un 3 % de material fino que pasa el tamiz N°200, que se encuentra dentro de los parámetros establecidos, también se observó que el porcentaje de tamiz N°4 es del 98 % que cumple lo anteriormente mencionado. El contenido de agregado fino utilizado está compuesto por granos de tamaño 0,074 a 4,76 mm.

2.13 Plasticidad

2.13.1 De acuerdo a los Resultados el Equivalente de Arena no es Inferior a Ochenta (80).

a) Granulometría

El agregado fino para el mortero de cemento satisface los requisitos de AASHO M6, y no contiene sustancias perjudiciales que excedan los siguientes porcentajes en peso: Terrones de arcilla 1 %, Carbón de piedra y lignito 1 %, Pasante un tamiz N° 200 al 3 %.

b) Agua

El agua que se añadió a la mezcla responde a las características necesarias para su utilización como mortero, limpia y sin residuos o materiales orgánicos. Entre otras características establece que el agua debe satisfacer la Norma Boliviana N° 498-86 y N° 496-86, y el Código Boliviano de Hormigón Armado (CBH-87), tanto para el amasado como para el curado de morteros y hormigones. La temperatura del agua para la preparación del mortero será superior a los 5°C, deberán rechazarse aquellas que posean las siguientes características:

- Acidez (PH) superior a (8) (Para la determinación del PH, podrá utilizarse papel indicador universal del PH, con la correspondiente escala de colores de referencia).
- Sustancias solubles en cantidad superior a treinta y cinco gramos por litro (35 gr/l).
- Contenido de sulfatos, expresados en SO₃, superior a 3 décimas de gramo por litro (0,3 gr/l).
- Glúcidos (azúcares o carbohidratos), ni siquiera en cantidades mínimas. (Gareca et al., 2020, pp. 33-34).

2.14 Factibilidad Ambiental

La relación de cada ladrillo ecológico, permite no sólo otorgar una nueva función a un material contaminante sino también mejorar las características físicas del nuevo material propuesto.

Tabla 4

Cantidad de unidades de material inorgánico reciclado por cada unidad de ladrillo ecológico de 25x12x5 cm.

Tipo de ladrillo	Tipo de plástico referencial	Cantidad de unidades de plástico reciclado por ladrillo	Total, plásticos reciclados por ladrillo en gramos
Ladrillo PET 3.5%	Botella PET de 2 litros - 58 gr por unidad	1,2 botellas	69.6
Ladrillo PS 5%	Bandeja con tapa PS 215x140x75cm - 12.7 gr por unidad	0,4 bandejas	5.08
Ladrillo PEBD 1%	Bolsa negra PEBD 35x65cm – 5.11 gr por unidad	1,3 bolsas	6.643
Ladrillo PP 2%	Vaso PP de 200ml - 11 gr por unidad	5,5 vasos	26.7

Nota. (Gareca et al., 2020, p. 50).

3 Materiales y Métodos

3.1 Ubicación de la Investigación

El presente trabajo de investigación titulado “Elaboración de Ladrillos Ecológicos a Base de Botellas Plásticas PET como Mitigación a la Contaminación Ambiental”, se llevó a cabo en el Barrio Santa Cecilia, ubicado en el Municipio de Cobija, en el departamento Pando.

3.2 Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo experimental y de enfoque cuantitativo, porque se evaluaron las variables relacionadas con las cualidades de los ladrillos fabricados a partir de botellas PET. Permitiendo una objetividad de la recopilación y análisis de los datos, para una comprensión más profunda de los fenómenos estudiados.

3.3 Diseño Experimental

3.3.1 Características del Diseño Experimental de la Investigación

El presente trabajo de investigación se ejecutó con un DCA (Diseño Completamente al Azar) con 5 tratamientos y 4 repeticiones, de acuerdo a las siguientes características: 5 tratamientos, 4 repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales.

Los porcentajes establecidos en los tratamientos, se determinó de acuerdo a criterio propio, previa revisión bibliográfica de otras investigaciones realizadas.

Tabla 5

Características de los Tratamientos evaluados

Tratamientos	PET (%)	Arena (%)	Cemento (%)
T1	15	42,5	42,5
T2	30	35	35
T3	45	27,5	27,5
T4	60	20	20
Testigo	0	50	50

Nota. Elaboración propia

3.4 Materiales y Equipos Utilizados Durante la Investigación

Los materiales, equipos, herramientas y de gabinete se detallan a continuación.

Tabla 6

Equipos, herramientas y escritorio utilizados en la presente investigación

Equipos	Herramientas e Insumos	Escritorio
Balanza de precisión	Tijera	Lápiz
Prensa hidráulica	Baldes	Marcadores
Laptop	Flexómetro	Cinta adhesiva
Impresora	Barilejo	Planillas
Celular	Moldes	Anillados
	Botellas PET	Tintas para impresora
	Arena	Resma de papel carta
	Cemento	

Nota. Elaboración propia

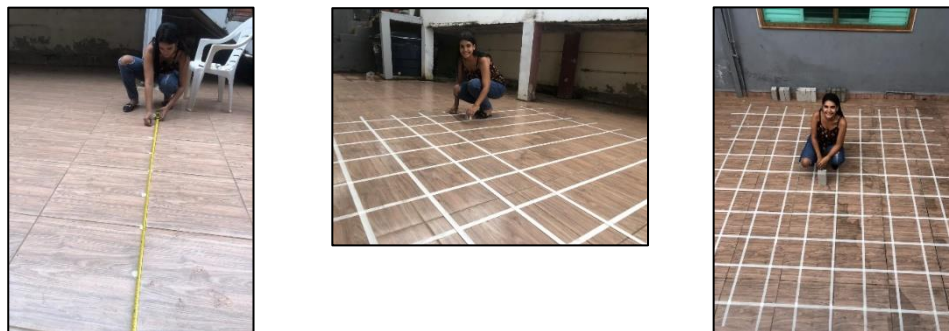
3.5 Metodología Empleada Durante la Presente Investigación

3.5.1 *Procedimiento Experimental*

A continuación, se describe el procedimiento experimental aplicado en la fabricación de los ladrillos ecológicos a base de botellas PET:

3.5.2 *Adecuación del Diseño Experimental*

El diseño utilizado en esta investigación, fue el Diseño Completamente al Azar, este diseño se implementó en el área del experimento, para la delimitación de las unidades experimentales abarcando el área total de la presente investigación, para este propósito, se emplearon cinta masking y flexómetro.



Implementación del diseño completamente al azar

3.5.3 Recolección, Clasificación y Preparación del Material Utilizados.

La recolección de las botellas de plástico PET, se llevó a cabo mediante una coordinación, previa una capacitación al personal de los restaurants y puestos de venta de comidas ubicados en el Barrio 27 de Mayo y sobre la Avenida Pando de la ciudad de Cobija, con el propósito de recopilar la mayor cantidad de material y en menor tiempo posible.

Para la selección, se eligieron las botellas que no presentaban olores extraños, posterior a ello, se retiraron las etiquetas, y se lavaron con agua y jabón.



Lavado de las botellas PET

3.5.4 Elaboración de Moldes de Madera

Inicialmente, se fabricaron los moldes de madera con las siguientes dimensiones: 20 cm de largo y 10 cm de ancho y x 8 cm de espesor.



Moldes de madera elaborados de acuerdo a medidas

3.5.5 Fabricación del Ladrillo Ecológico.

➤ **Picado de las Botellas PET**

Con la ayuda de una tijera, se procedió al picado de todas las botellas PET, tratando de hacerlo lo más menudo que se pudo, con la finalidad que se tenga una mejor integración con las mezclas. El total de números de botellas PET, utilizadas para la fabricación de los 16 ladrillos ecológicos, fueron de 172 unidades, equivalentes a 4.97 kg.



Picado de las botellas PET

➤ **Aceitado de los Moldes**

Actividad que consistió, en la impregnación de todos los moldes con aceite de cocina, con la ayuda de un paño, esto con la finalidad, poder evitar que los ladrillos puedan adherirse a los moldes de madera.



Aceitado de moldes para la fabricación de los ladrillos ecológicos

➤ **Preparación de las Mezclas de Acuerdo a cada Tratamiento**

Con la ayuda de un barilejo y con mucho cuidado se mezclaron todos los materiales de acuerdo a los tratamientos establecidos en la presente investigación; utilizando el plástico picado, cemento, arena y agua, materiales que fueron depositados en los moldes para su homogenización con todos sus componentes descritos.



Fabricación de los ladrillos ecológicos a base de botellas de plásticos PET

➤ **Eliminación de Aire en los Ladrillos**

Esta actividad se aplicó a todos los tratamientos en estudio, los cuales fueron sometidos a una presión suave con la ayuda del barilejo, con el único objetivo de eliminar el aire del interior y así evitar rajaduras de los ladrillos fabricados a partir de botellas PET.



Eliminación de aire en los moldes de ladrillos

➤ **Secado de Ladrillos**

Una vez culminada la fabricación de los ladrillos por tratamientos, estos fueron secados al aire libre y a temperatura ambiente.



Secado al aire libre de los ladrillos

➤ **Desmoldado**

Pasado el tiempo de secado, se procedió al retiro de los moldes por unidad de ladrillos fabricados, quedando todos los ladrillos sin sus respectivos moldes.



Desmoldado de ladrillos fabricados a base con botellas PET

3.1 Recolección de Datos

3.1.1 Variación Dimensional

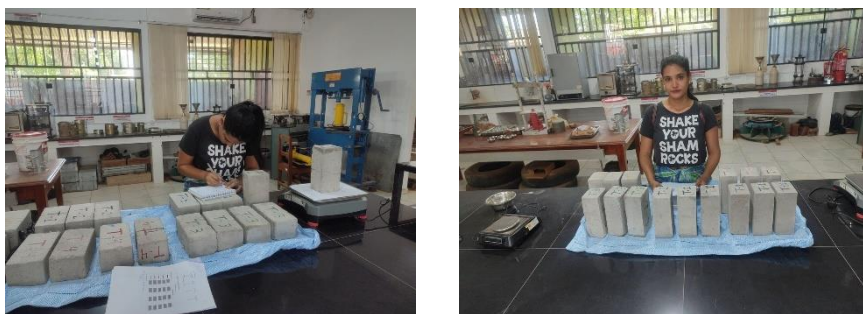
Las medidas que tuvieron los ladrillos, fue de 20 cm de largo x 10 cm de ancho x 8 cm de altura. Esta variable, relacionada con la variación dimensional, está exclusivamente vinculada a las dimensiones de los ladrillos ecológicos, fabricados en base a botellas PET. Esta actividad se realizó en el Laboratorio de Suelos del ACyT de la UAP. La cual consistió en verificar los cambios en las diferentes dimensiones físicas de los ladrillos, donde se observaron pequeñas variaciones que no fueron significativas en la presente investigación. Por lo tanto estas medidas en general se mantuvieron, tal como se menciona líneas arriba.



Determinación de la variación dimensional de ladrillos en laboratorio

3.1.2 Alabeo

Esta variable, de alabeo, se refiere a las curvaturas o las deformaciones que pueden tener los ladrillos ecológicos en sus superficies. Donde, al verificar cada uno de los tratamientos, se observó que, si estuvieron afectados por el alabeo. Este fenómeno se produjo a diferentes causas, tales como la humedad, la temperatura, el proceso de secado, el proceso de fabricación y el tipo del material utilizado.



Determinación del alabeo en laboratorio

3.1.3 Absorción

Esta actividad se la realizó en los ambientes del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias y tecnología de la UAP, la cual consistió en el pesaje de una muestra de ladrillo por (tratamientos), obteniendo así su peso inicial, posteriormente fueron colocados todos los ladrillos en un balde con agua, por un tiempo de 24 horas, pasada las 24 horas se volvió a pesar los ladrillos, obteniendo el peso final por tratamiento.



Prueba de absorción de los tratamientos

3.1.4 *Peso*

Actividad que consistió en la determinación del peso de todos los tratamientos en estudio de la presente investigación, para ello se utilizó una balanza de precisión.



Determinación del peso de los ladrillos ecológicos por tratamientos en laboratorio

3.1.5 *Presión*

Por último, todos los bloques fueron colocados a la prensa hidráulica manual, donde fueron sometidos a diferente prueba de presión, tal como se muestra en las siguientes imágenes.



Prueba de presión de los ladrillos en laboratorio

3.1.6 Resistencia

La resistencia a la compresión de los ladrillos evaluados en la presente investigación, es una de las propiedades fundamentales que viene a determinar la capacidad para soportar peso, es decir, los cuales deben de tener esa capacidad de soportar presión ejercidos sobre sus superficies.

Esta variable, se determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia} = \text{kilogramos/área del ladrillo} = \text{kg/cm}^2$$

4 Resultados

4.1 Absorción

De acuerdo a la tabla 7, se muestra los resultados de absorción máxima de agua durante 24 horas, donde los T4 y T3, han llegado a tener mayor absorción, el Testigo con 63 gr y el T2 con 62 gr, por último, se tiene el T1 con 61 gr, estos tres últimos obteniendo la menor absorción de agua durante las 24 horas.

Tabla 7

Absorción de agua en los cinco tratamientos estudiados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando

Tratamientos	Peso Inicial	Peso Final	I - F	%	AU (gr)
Testigo	3,04	3,10	0,06	6	63
T1	3,02	3,08	0,06	6	61
T2	2,92	2,98	0,06	6	62
T3	2,72	2,89	0,17	17	169
T4	2,93	3,11	0,19	19	185
Promedio	2,93	3,03	0,11	54	108,00

Nota. Elaboración propia

4.2 Peso de Ladrillos

Una vez realizado el análisis de comparación de promedios para el peso de ladrillos (Tabla 8) se evidencia diferencia significativa entre tratamientos, destacándose el Testigo con 3.080 kg, el mismo que no difiere de los T1 y del T2, estos difiriendo de los T3 y T4, los mismos que presentaron menores pesos en relación a los demás tratamientos, obteniendo una media entre todos los tratamientos de 2.89 kg, y con un coeficiente de variación de 7.15 %, lo que demuestra una alta precisión en cuanto al experimento.

Tabla 8

Peso medio de ladrillos (kg) de los cinco tratamientos estudiados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando

<i>Tratamientos</i>	<i>Medias (kg.)</i>	<i>Duncan al 5%</i>
Testigo (PET 0%; Arena 50%; Cemento 50%)	3.080	a*
T₁ (PET 15%; Arena 42,5%; Cemento 42,5%)	3.042	a b
T₂ (PET 30%; Arena 35%; Cemento 35%)	2.89	a b c
T₃ (PET 45%; Arena 27,5%; Cemento 27,5%)	2.75	b c
T₄ (PET 60%; Arena 20%; Cemento 20%)	2.69	c*
Media General	2.89	
CV (%)	7.15	

Nota. * Las medias seguidas por letras distintas, difieren significativamente entre sí por la prueba de Duncan ($P < 0,05$)

4.3 Presión

El análisis de varianza para la media de presión de los ladrillos, se observa que existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos (Tabla 9), destacándose el T1 y el T2, difiriendo del testigo y del T3, y T4, que presentaron menor resistencia a la presión, obteniendo una media entre todos los tratamientos de 83.16 pascal, y con un coeficiente de variación de 16.27 %, demostrando una buena precisión en cuanto al experimento.

Tabla 9

Prueba para la Presión de ladrillos (Pascal) de los cinco tratamientos evaluados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando

Tratamientos	Medias (Kilonewton)	Duncan al 5%
T₁ (PET 15%; Arena 42,5%; Cemento 42,5%)	93.93	a*
T₂ (PET 30%; Arena 35%; Cemento 35%)	93.16	a
Testigo (PET 0%; Arena 50%; Cemento 50%)	83.17	a b
T₃ (PET 45%; Arena 27,5%; Cemento 27,5%)	76.07	a b
T₄ (PET 60%; Arena 20%; Cemento 20%)	69.47	b*
Media General	83.16	
CV (%)	16.27	

Nota. * Las medias seguidas por letras distintas, difieren significativamente entre sí por la prueba de Duncan (P<0,05)

4.4 Resistencia a la compresión

De acuerdo a los cálculos que se empleó para la determinación de la resistencia se tiene, que el Testigo tiene la mejor resistencia con 153.9 kg/cm², seguido del T1 con 152.1 kg/cm², al igual que el T2 con 144.7 kg/cm², mientras que los T3 con 137.5 kg/cm² y el T4 con 134.7 kg/cm², estos dos últimos como de menor resistencia. (Tabla 10).

Tabla 10

Prueba de resistencia de ladrillos de los cinco tratamientos evaluados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando

RESISTENCIA						
TRATAMIENTOS	Mezcla	Peso	Dimensiones del ladrillo (cm)	ÁREA del ladrillo (cm²)	Resistencia (Kg/cm²)	
Testigo	PET 0%; Arena 50%; Cemento 50%)	3,07 7	20 x 10 x 8	0,02	153,9	
T1	(PET 15%; Arena 42,5%; Cemento 42,5%)	3,04 2	20 x 10 x 8	0,02	152,1	
T2	(PET 30%; Arena 35%; Cemento 35%)	2,89 5	20 x 10 x 8	0,02	144,7	
T3	(PET 45%; Arena 27,5%; Cemento 27,5%)	2,74 9	20 x 10 x 8	0,02	137,5	
T4	(PET 60%; Arena 20%; Cemento 20%)	2,69 5	20 x 10 x 8	0,02	134,7	

4.5 Mejor Proporción de las Mezclas

La mejor proporción de mezclas de los ladrillos ecológicos a base de botellas PET, se determinó, de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, referente a la absorción de agua, el T1 se destaca por su menor absorción sometido durante 24 horas en agua, lo cual nos indica que su porosidad es baja, de la misma manera, se puede evidenciar que otras de sus propiedades que se destaca, es a la resistencia a la presión, sobresaliendo también el T1 con 93.93 KN. (Tabla 11).

Tabla 11

Mejor proporción de las mezclas de ladrillos ecológicos a base de botellas PET, evaluados durante la investigación, en el Barrio Santa Cecilia ubicado en la ciudad de Cobija del departamento Pando

Absorción de agua durante 24 horas					
Tratamientos	Peso Inicial	Peso Final	I - F	%	AU (gr)
T1	3,02	3,08	0,06	6	61
Resistencia a la presión					
Tratamientos			Medias (Kilonewton)		
T1 (PET 15%; Arena 42,5%; Cemento 42,5%)			93.93		

4.6 Costo de fabricación de los ladrillos ecológicos a base de plásticos PET

Con respecto a los costos para la fabricación de los ladrillos ecológicos a base de botellas PET, se puede mencionar que fueron mínimos para poder fabricar la cantidad de 16 unidades de ladrillos con las siguientes dimensiones: 20 cm de largo x 10 cm de ancho x 8 cm de alto. A continuación, se detallan todos los materiales utilizados (Tabla 12)

Tabla 12

Costo de fabricación de los ladrillos ecológicos a base de plásticos PET

N°	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Tijera	Unidad	1	10	10
2	Barilejo	Unidad	1	25	25
3	Moldes de madera	Unidad	4	20	80
4	Arena	Sacos	1	10	10
5	Cemento	Sacos	1/2	30	30
6	Aceite de cocina	Litro	1	10	10
7	Botellas PET	Unidad	172	0	0
8	Paño de tela	Unidad	1	4	4
9	Marcadores	Unidad	5	4	20
Total, en bolivianos					189

4.7 Evaluación del impacto que ocasiona la producción de ladrillos ecológicos sobre el medio ambiente

La producción de ladrillos ecológicos, fabricados con botellas PET, cemento y arena, de acuerdo a las bibliografías consultadas, y al contexto de la presente investigación. Estos ladrillos ecológicos minimizan el impacto ambiental, en comparación de con los ladrillos que son fabricados tradicionalmente.

Es importante mencionar que la fabricación de los ladrillos ecológicos, tienen un menor consumo de energía, ya que emplean métodos que minimizan el uso de energía en comparación de los ladrillos tradiciones que se fabrican en nuestra región, Además, estos ladrillos ecológicos contribuyen a la reducción de las emisiones de CO₂, ya que en su estructura se emplea botellas PET reciclable.

Es importante también señalar que tienen un menor impacto sobre nuestros recursos naturales, al ser fabricados con residuos de plástico, lo que puede ayudar a disminuir el empleo de las arcillas como la leña, y, por último, con la fabricación de ladrillos ecológicos a base de botellas PET. A través de los resultados de la presente investigación, se pretende dar a conocer a la sociedad y pueda ser replicada la misma, con el objetivo de tener una mejor gestión de los residuos sólidos, como son las botellas PET generadas sobre el medio ambiente, como en calles, avenidas, contenedores de basura, vertederos, arroyos, ríos y entre otros.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la fabricación de estos ladrillos ecológicos u otro tipo, igual puede tener sus impactos ambientales, ya que requiere el uso del agua.

5 Discusión

5.1 Resistencia a la Compresión

Según, Lachos Labán, (2020), siendo la propiedad principal en la clasificación de las unidades de albañilería la resistencia a compresión, los valores característicos determinados son $f_b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$, $f_b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$, $f_b = 118.80$ y $f_b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$. Se concluyó que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET reciclado no mejoran, habiendo una disminución máxima de la resistencia a compresión del ladrillo de 51.5 kg/cm^2 o 31.8%.

Este ladrillo diseñado con una dosificación 1 de material inorgánico PP que corresponde al 2 %, presenta una resistencia de 112.5 Kg/cm^2 mayor a la resistencia de un ladrillo de arcilla de primera categoría. La trabajabilidad del mortero al momento del mezclado es aceptable con este porcentaje no habiéndose tenido problemas de falta de adherencia entre los componentes del mortero y que se verifica en los resultados obtenidos. El uso de una mayor cantidad de material PP afecta a la resistencia a la compresión y trabajabilidad reduciendo estas dos variables (Gareca et al., 2020, p. 48).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, el Testigo alcanzó una resistencia de 153.9 kg/cm^2 , el T1; 152.1 kg/cm^2 , T2; 144.7 kg/cm^2 ; T3 137.5 kg/cm^2 y el T4 con 134.7 kg/cm^2 , comparando los resultados obtenidos por Lachos Labán, y Gareca et al. Se observa que nuestros resultados se encuentran dentro de los rangos obtenidos por los investigadores, citados líneas arriba.

5.2 Absorción

Esta característica física de este tipo de ladrillo es la mayor en relación a los otros tipos de ladrillos estudiados, teniendo una absorción de 11.05 %, pero que aún es menor en relación

a los ladrillos de arcilla y bloque de mortero con aditivo, siendo aún menor al 12% de absorción máxima exigida en la norma colombiana (Gareca et al., 2020, p. 48).

En la presente investigación, se obtuvieron los siguientes datos: para el Testigo, T1, y para el T2, se registraron valores de un 6 %, resultados que se encuentran por debajo de los resultados mencionados por Gareca et al., 2020. Sin embargo, para los tratamientos T3 y T4 se observaron porcentajes de 17 % y 19 %, los cuales son superiores a los obtenidos por el mismo autor.

5.3 Medio Ambiente y el Uso del Plástico

Con el paso de los años el problema de la contaminación ambiental relacionado con el uso desmedido de envases plásticos ha generado un alto impacto ambiental en el mundo deteriorando los ecosistemas causando pérdidas significativas en la flora y fauna. Hablando específicamente del plástico, por sus características de flexibilidad y bajo costo ha sido uno de los productos derivados del petróleo más utilizados en el mundo, lo que ha llevado a su producción de firma masiva. La producción del plástico tiene su mayor acogida desde al redor de los años cincuenta, el cual ha ido aumentando de manera progresiva, llegando a producir en la actualidad más de cien millones de toneladas de plástico al año, que tardan entre ciento cincuenta a mil años en descomponerse. Los plásticos que se producen en mayor proporción son el polietileno, polyester, polipropileno y cloruro de polivinilo y un alto porcentaje de este plástico se utiliza en la elaboración de envases de un solo uso, generando un alto volumen de contaminación en el medio ambiente y la forma en que los seres humanos las desechan han generado la extinción de especies marinas. Además, la falta de realización de procesos naturales y que diferentes cuerpos acuáticos se llenen de algas y floro nociva como

mecanismo de defensa, desaparición y sequía de diferentes cuerpos de agua, falta de pureza en el agua que se encuentra en cuerpos que la habitan, entre otros (Villamil, 2022, p. 11).

7 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación, se llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ La variación dimensional de todos los tratamientos evaluados, mostró una pequeña variación no significativa en cada uno de los ladrillos analizados en laboratorio.
- ✓ Se evidenció que los ladrillos fabricados a base de botellas PET, fueron afectados por el alabeo, posiblemente debido a fenómenos como el material que se utilizó, humedad, temperatura y secado.
- ✓ En la variable de absorción, se confirmó que el testigo, T1 y T2, obtuvieron el menor porcentaje del 6%, seguido de los T3 con un 17 % y el T4 con 19%, estos obtuvieron los mayores porcentajes de absorción durante la investigación.
- ✓ Así mismo, la mejor resistencia alcanzada fue por el Testigo con 153.9 kg/cm^2 , seguido del T1 con 152.1 kg/cm^2 , el T2 con 144.7 kg/cm^2 , y para los T3 con 137.5 kg/cm^2 y el T4 con 134.7 kg/cm^2 , como de menor resistencia.
- ✓ La mejor proporción, en mezcla utilizada en la elaboración de los ladrillos ecológicos a base de botellas PET, en la presente investigación, se tiene al T1, con una resistencia de 93.93 KN y una menor absorción de agua con el 6 %.
- ✓ El costo de producción, de 16 unidades de ladrillos ecológicos, fue de un total de 189 bolivianos.
- ✓ La utilización de las botellas PET, en la fabricación de ladrillos ecológicos, tienen un impacto significativo en el medio ambiente, ya que, reducen la contaminación del suelo, agua y aire, así como los efectos en la salud de los seres vivos.

8 Recomendaciones

De acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación, se llega a las siguientes recomendaciones:

- ✓ Hacer el empleo de las botellas PET en la fabricación de ladrillos, con el objetivo de minimizar la contaminación sobre nuestro medio ambiente.
- ✓ Realizar el picado de las botellas PET, en fragmentos mas largos y anchos, lo cual nos permitirá mejor resistencia del ladrillo.
- ✓ Mejorar las técnicas en la fabricación de los ladrillos ecológicos, con el fin de evitar el alabeo como la variación dimensional.
- ✓ Realizar otras investigaciones, con diferentes proporciones, tamaño del ladrillo y tamaño de los plásticos picados.
- ✓ Se recomienda utilizar el T1, ya que tuvo una resistencia a la presión de 93.93 KN y una menor absorción de agua con el 6 %.

9 Bibliografía Consultada

- Alexander, M. C. D. (2019). *Control de calidad en los procesos de fabricación de ladrillos ecológicos* [Universidad Técnica de Tocopaxi].
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6753/1/T-001501.pdf>
- argv.E338951d. (2013, octubre 23). *CONTAMINACIÓN EN COBIJA* [Text]. Erbol Digital Archivo.
https://anteriorportal.erbol.com.bo/opinion/desde_la_amazonia/contaminacion_en_cobija
- Camacho, A., & Mena, M. J. (2018). *Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional* [Pontifica Universidad Católica del Ecuador].
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14548/TESIS%20FINAL%20Adriana%20Camacho-Mar%20C3%ADaJos%20C3%A9%20Mena.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cubero, R. L. (2009). *Glosario de Términos Ambientales*.
- de Coronel, M. (2015). *GLOSARIO MEDIO AMBIENTAL* www.ecoronel.cl. 107.
- Gamboa Recalde, T. F., & Recalde Sánchez, A. M. (2015). *Bases de diseño para la construcción sostenible con mampostería de ladrillo tipo pet*. [bachelorThesis, Quito: UCE]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5414>
- Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., & Villarpando, H. (2020). Nuevo material sustentable: Ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18(21), 25-61.

- Inés, B., Síngara, N., & Sally, C. (2010). *Gestión de residuos sólidos en Cobija*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ia601706.us.archive.org/35/items/pieb_gestion_de_residuos_solidos_en_cobija/pieb_gestion_de_residuos_solidos_en_cobija.pdf
- Inga Sánchez, M. D. C. (2022). *Diseño y desarrollo de ladrillos a base de plásticos reciclados, para reducir los niveles de contaminación del medio ambiente en el Distrito de Carabayllo—2019*. <http://repositorio.ulasamericas.edu.pe/handle/upa/2398>
- Lachos Labán, R. francisco. (2020). Determinación de la calidad de ladrillos ecológicos con diferentes proporciones de plástico PET y escombros. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44398>
- Linda Almendra, C. R. (2020). *Elaboración de ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie Huayruro (Ormosia coccinea) de las industrias madereras en Ucayali, Perú* [Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4305/UNU_AMBIENTAL_2020_T_LINDA-CHINO_ALESSANDRA-MATHIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López Ramírez, S. M. (2018). *Reutilización de residuos sólidos construcción con eco-ladrillos en un entorno rural* [masterThesis, Escuela de Ingenierías]. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4105>
- López Rivera, R. A., & Pascuales Díaz, J. C. (2023). *Implementación de materiales no convencionales reciclables como el plástico tereftalato (pet) en la elaboración de ladrillo de concreto*. 78.

- Mamani Churata, F. G., & Limachi Nina, Y. M. (2022). *El reciclaje de residuos plásticos (PET) con la participación del consumidor paceño* [Thesis].
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/31698>
- Manuel, O. S. (2021). *Incorporación del plástico PP en ladrillos ecológicos de concreto para muros portantes en la Urb. Aparicio—Huaral 2021* [Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77143/Medrano_OSM-Paredes_MCR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Moya, J. C., Cevallos, E. D., & Endara, E. X. (2019). La Construcción Sostenible A Partir Del Empleo Del Ladrillos Tipo PET. *INGENIO*, 2(1), Article 1.
<https://doi.org/10.29166/ingenio.v2i1.1632>
- Orihuela, B. T., & Candelaria, D. (2018). *Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya – Yauli—Junín* [Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5181/T010_74023325_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez Carrasco, K. H. (2022). Ladrillos Ecológicos para Losas Aligeradas, elaborado con: Aserrín, Botella Reciclada PET, Cemento Adicionado ICo y Agua Reciclada Gris, Cajamarca 2021. *Universidad Nacional de Cajamarca*.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5309>
- Romero, F. A. H., & Pajoy, M. P. (2019). *Estudio de factibilidad para la fabricación del ladrillo ecológico* [Universidad la Gran Colombia].
<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5771/tesis%20PISSO%20Y%20HERNANDEZ-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez Bernal, R., Pita Castañeda, J., González Velandia, K. D., & Hormaza Verdugo, J. A.

(2018). Análisis de mezclas de residuos sólidos orgánicos empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos no estructurales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 22.

<https://doi.org/10.15359/rca.53-1.2>

Suárez, J. C. (2024). El Consumo De Los Productos Plásticos En Las Principales Ciudades De Bolivia. *3i Investigación Innovación Ingeniería*, 2(2), Article 2.

<https://www.updsinvestiga.com/index.php/3i/article/view/82>

Vargas Vera, L. J., & Tascon Areisa, E. (2016). *Comparación Estructural, Económica Y*

Ambiental De Bloques De Mortero Con Botellas Plásticas (Pet) Y Ladrillo Tradicional Macizo De Barro. 125.

Villamil, A. (2022). *Elaboración ladrillos ecológicos a partir de botellas plásticas recicladas fabricadas en PET como elemento básico para la construcción de vivienda unifamiliar en el municipio de Caldas Boyaca* [Universidad Santo Tomás].

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/48319/2022williamedgardoalzat evillamil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

10 Anexos

Croquis de Campo

TRATAMIENTOS		REPETICIONES			
		I	II	III	IV
1	➔	T3	T2	TESTIGO	T1
2	➔	T1	T4	T2	T3
3	➔	T4	TESTIGO	T3	T2
4	➔	T2	T1	T4	TESTIGO
5	➔	TESTIGO	T3	T1	T4

Nota. elaboración propia