

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO
Y TEREFTALATO DE POLIETILENO PARA LA
ELABORACIÓN DE LADRILLOS
ECOLÓGICOS

TESIS

Presentada por:

Bach. Henry Willan Atencio Atencio

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

TACNA - PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

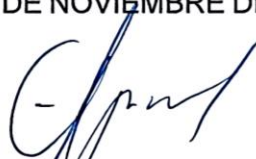
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

TESIS

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO
Y TEREFTALATO DE POLIETILENO PARA LA
ELABORACIÓN DE LADRILLOS
ECOLÓGICOS**

SUSTENTADA Y APROBADA EL 13 DE NOVIEMBRE DEL 2025, SIENDO
EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:


.....
Dr. Efrén Eugenio Chaparro Montoya

SECRETARIO:


.....
Dr. Edgar Chaparro Aguilar

VOCAL:


.....
MSc. César Avendaño Jihuallanga

ASESOR:


.....
Dr. Edgar Chaparro Aguilar

CERTIFICADO DE SIMILTUD

Yo, **Dr. Edgar Chaparro Aguilar**, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N°9157-2024-FCAG de la tesis titulada: "APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS". Presentado por el Bachiller Henry Willan Atencio Atencio, para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual considerando que, según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual Turnitin cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es del 15 %. Por lo que, CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para la obtención de título profesional, según corresponda consiguiente la publicación en el repositorio institucional.

FIRMA ASESOR

Nombres y Apellidos, DNI

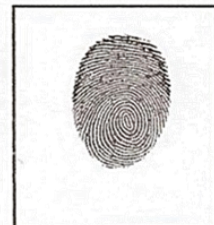
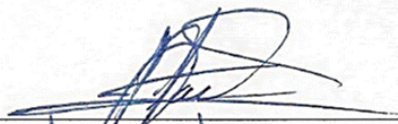
Dr. EDGAR CHAPARRO AGUILAR DNI 40206961



FIRMA TESISTA

Nombres y Apellidos, DNI

Henry Willan Atencio Atencio
DNI: 73770179



DEDICATORIA

*A Dios,
por concederme el don de la vida y la oportunidad de crecer en cada día,
guiándome en este camino profesional según su voluntad.*

*A mi madre, Micaela Atencio Peñaloza, y a la memoria de mi padre, Antonio
Atencio Atencio, a quienes debo la vida y los valores que, con amor y sacrificio,
han guiado mi formación profesional.*

A mis hermanos, por su ejemplo, confianza y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme alcanzar esta meta.

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme una formación de excelencia en mi camino profesional.

A mi asesor, el Dr. Edgar Chaparro A., por su apoyo constante y generosa guía.

Y a todas las personas que, con su confianza y respaldo, hicieron posible la realización de esta tesis.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1	Planteamiento del problema.....	4
1.2	Formulación y sistematización del problema.....	5
1.2.1	Problema general.....	5
1.2.2	Problemas específicos	5
1.3	Justificación.....	6
1.3.1	Justificación social.....	6
1.3.2	Justificación económica	6
1.3.3	Justificación ambiental	6

1.4	Limitaciones	7
-----	--------------------	---

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1	Objetivos	8
2.1.1	Objetivo general	8
2.1.2	Objetivos específicos	8
2.2	Hipótesis	9
2.2.1	Hipótesis general	9
2.2.2	Hipótesis específicas.....	9
2.3	Variables	9
2.3.1	Indicadores de variables	9
2.3.2.	Operacionalización de las variables.....	10

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1	Marco referencial	11
3.1.1	Nivel internacional.....	11
3.1.2	Nivel nacional.....	14
3.2	Bases teóricas.....	19
3.2.1	Tereftalato de polietileno (PET).....	19
3.2.2	Caucho.....	22
3.2.3	Ladrillos.....	24
3.3	Definición de conceptos básicos	26

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Tipo y nivel de la investigación.....	30
4.2	Lugar de estudio	30
4.3	Población y/o muestra de estudio	31
4.3.1	Población	31
4.3.2	Muestra	32
4.3.3	Diseño de investigación	33
4.4	Tratamiento de datos	34
4.5	Técnicas aplicadas en la recolección de la información.....	34
4.6	Procedimiento y análisis de objetivos.....	35
4.6.1	Proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos utilizando caucho y tereftalato de polietileno.....	35
4.6.2	Determinación de las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones	44
4.6.3	Determinación de las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones.....	50
4.7	Análisis estadístico.....	51

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1	Resultados	52
-----	------------------	----

5.1.1	Resultados de las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones	52
5.1.2	Resultados de las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones.....	62
5.2	Discusión.....	66
5.2.1	Discusión del proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos utilizando caucho y tereftalato de polietileno	66
5.2.2	Discusión de las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones	68
5.2.3	Discusión de las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones	75
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES.....	81
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
	ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables	10
Tabla 2. Propiedades mecánicas, térmicas, químicas del Tereftalato de Polietileno (PET)	21
Tabla 3. Diagrama del diseño experimental completamente aleatorio	33
Tabla 4. Diseños de mezcla de concreto para la elaboración de ladrillos ecológicos	37
Tabla 5. Dosificación de materiales para los tratamientos	39
Tabla 6. Resultados de la variación dimensional (mm) de los ladrillos ecológicos	53
Tabla 7. Análisis de varianza de la densidad (g/cm ³) de los ladrillos ecológicos	54
Tabla 8. Prueba de Tukey (P < 0,05) aplicada a la densidad (g/cm ³) de los ladrillos ecológicos	55
Tabla 9. Resultados del alabeo (mm) de los ladrillos ecológicos	57
Tabla 10. Análisis de varianza del porcentaje de absorción de agua de los ladrillos ecológico	58
Tabla 11. Prueba de Tukey (P < 0,05) del porcentaje de absorción de agua de los ladrillos ecológicos	59

Tabla 12. Análisis de varianza para resistencia a la compresión (kg/cm ²) de los ladrillos ecológicos	63
Tabla 13. Prueba de Tukey (P < 0,05) para resistencia a la compresión (kg/cm ²) de los ladrillos ecológicos	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Polvo de caucho observado a distintos aumentos	22
Figura 2. Mapa de ubicación del lugar de estudio	31
Figura 3. Mapa de puntos de recolección de PET y Neumáticos fuera de uso	32
Figura 4. Molde del ladrillo ecológico	36
Figura 5. Materiales para la elaboración de ladrillos ecológicos	38
Figura 6. Dosificación de los materiales según los tratamientos	40
Figura 7. Moldeado de ladrillo ecológico para cada tratamiento	41
Figura 8. Secado y curado de ladrillo ecológico para cada tratamiento	42
Figura 9. Diagrama del proceso de elaboración del ladrillo ecológico	43
Figura 10. Resultados de la densidad (g/cm^3) de los diferentes tratamientos aplicados en los ladrillos ecológicos	56
Figura 11. Resultados del porcentaje de absorción de agua de los diferentes tratamientos aplicados en los ladrillos ecológicos.	61

Figura 12. Resultados del porcentaje de absorción de agua a diferentes días de edad de los ladrillos ecológicos	61
Figura 13. Resultados de la resistencia a la compresión (kg/cm^2) de los diferentes tratamientos aplicados a los ladrillos ecológicos.	65
Figura 14. Resultados de la resistencia a la compresión (kg/cm^2) a los diferentes días de edad de los ladrillos ecológicos	66

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia	96
Anexo 2. Panel fotográfico del ensayo para la determinación del diseño de la mezcla. de concreto	97
Anexo 3. Resultados del ensayo de diseño de la mezcla de concreto	98
Anexo 4. Panel fotográfico del proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos	99
Anexo 5. Panel fotográfico del secado y curado del ladrillo	101
Anexo 6. Panel fotográfico de la evaluación para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo	102
Anexo 7. Resultados de ensayos en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo	103

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo elaborar ladrillos ecológicos mediante el aprovechamiento de residuos de caucho y tereftalato de polietileno (PET). La investigación fue aplicada, de nivel explicativo y con un diseño experimental completamente al azar. Se empleó una muestra 20 kg de botellas PET y 35 kg de neumáticos en desuso, aplicados en tres tratamientos de 6 %, 12 % y 20 %, además de un grupo patrón. El proceso de fabricación comprendió la preparación de moldes, la mezcla de insumos (caucho, PET, arena, cemento tipo HS y agua), el moldeado, secado, curado y almacenamiento para su posterior análisis de las propiedades físicas y mecánicas. Los resultados demostraron que la adición de caucho y PET afectó significativamente las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos, donde el tratamiento con 6 % presentó la mayor resistencia a la compresión (81,383 kg/cm²), clasificándose según la Norma E.070 como ladrillo portante Tipo III. Porcentajes mayores redujeron la resistencia y aumentaron la absorción de agua, limitando su uso estructural. Se concluye que la incorporación de residuos en proporciones controladas, permite producir ladrillos ecológicos con desempeño técnico adecuado y beneficios ambientales, contribuyendo a la construcción sostenible.

Palabras clave: Caucho, tereftalato de polietileno, ladrillos ecológicos.

ABSTRACT

The present study aimed to develop eco-friendly bricks through the utilization of rubber and polyethylene terephthalate (PET) waste. The research was applied, explanatory in nature, and employed a completely randomized experimental design. A sample of 20 kg of PET bottles and 35 kg of used tires was used, applied in three treatments (6 %, 12 %, and 20 %) along with a control group. The manufacturing process included mold preparation, mixing of materials (rubber, PET, sand, HS-type cement, and water), molding, drying, curing, and storage for subsequent analysis of physical and mechanical properties. The results demonstrated that the addition of rubber and PET significantly affected the physical and mechanical properties of the eco-bricks, with the 6 % treatment showing the highest compressive strength (81,383 kg/cm²), classified according to Standard E.070 as a load-bearing Type III brick. Higher percentages reduced strength and increased water absorption, limiting their structural application. It is concluded that the incorporation of waste in controlled proportions allows the production of eco-friendly bricks with adequate technical performance and environmental benefits, contributing to sustainable construction.

Keywords: Rubber, polyethylene terephthalate, ecological bricks.

INTRODUCCIÓN

Es menester mencionar que, una de las problemáticas mundiales en el ámbito ambiental es la contaminación por plásticos, impactando tanto a los ecosistemas terrestres como a los marinos. Anualmente, se desechan millones de toneladas de plástico en océanos, ríos y suelos, representando indudablemente un serio peligro para el bienestar humano y diversidad biológica. La acumulación de estos plásticos, que pueden tardar siglos en degradarse, provoca que diversas especies terrestres y marinas ingieran fragmentos de estos materiales, alterando sus sistemas y, en muchos casos, ocasionando su muerte (Chedieck & Mullenoro, 2023).

En el contexto peruano, Salazar et al. (2023) señalan que la contaminación plástica afecta de manera significativa a los ecosistemas marinos y fluviales, poniendo en peligro a especies como aves, peces y mamíferos marinos. Las localidades asentadas en las zonas litorales, cuya economía se sostiene en gran medida de la pesca y el turismo, también sufren las consecuencias, ya que los residuos plásticos deterioran los recursos naturales esenciales para su economía.

Para enfrentar la contaminación por plásticos, Perú ha implementado políticas orientadas a reducir el uso de plásticos de un solo

uso y a promover el reciclaje, con medidas destacadas como la prohibición gradual de bolsas plásticas, sorbetes y envases de tecnopor. No obstante, este problema persiste como un gran desafío que requiere un compromiso mayor por parte de las autoridades y de la ciudadanía para disminuir el consumo de plásticos, fomentar prácticas de reciclaje y aumentar la conciencia ambiental (Ministerio del Ambiente del Perú, 2021).

Fuentes (2021) describe en su estudio que el desperdicio de caucho, particularmente de neumáticos usados, representa un serio problema ambiental a nivel mundial debido a su lenta degradación. La acumulación o quema de neumáticos en los vertederos genera la liberación de compuestos nocivos, los cuales ponen en riesgo la salud humana y, al mismo tiempo, deterioran la calidad del aire. Aunque existen iniciativas para reciclar y reutilizar el caucho, como su aplicación en carreteras y otros productos, estos esfuerzos aún son limitados y necesitan un impulso global para reducir su impacto ambiental.

El incremento del uso de neumáticos ha trascendido en los últimos años, Perú no es ajeno a ello. En 2018, la demanda de llantas alcanzó las 92 659 toneladas, impulsada por la necesidad de reemplazo en el parque vehicular tanto en carretera como fuera de ella. Estos neumáticos, una vez desechados, se convierten en Neumáticos Fuera de Uso (NFU), cuyo

desperdicio afecta negativamente la salud en general y al ambiente. La ausencia de un sistema eficiente de reciclaje agrava este problema en las comunidades (MINAM, 2024).

El objetivo de la investigación se elaboran ladrillos ecológicos mediante el aprovechamiento de residuos de caucho y tereftalato de polietileno.

Este estudio de investigación se estructura en los siguientes capítulos: el Capítulo I aborda el planteamiento del problema; el Capítulo II presenta los objetivos, hipótesis y variables; el Capítulo III desarrolla el marco teórico y conceptual; el Capítulo IV describe la metodología empleada; y el Capítulo V expone el análisis de los resultados. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial uno de los mayores contaminantes ambientales viene a ser los plásticos, el 85 % de desechos de los océanos son plásticos (ONU, 2021). En el Perú anualmente se producen 2 729 622 624 envases de PET, lo que representa un consumo equivalente a alrededor de un millón quinientos mil barriles de petróleo (Mayta, 2021).

Otro de los productos contaminantes del medio ambiente viene a ser el caucho, su utilización genera que en Europa se desprendan 6 000 millones de microplásticos se dispersan en el aire y mares (Azul Planeta, 2020). El Perú tiene los parques automotores más viejos de Latinoamérica y solo 10 compañías reciclan los neumáticos que ya no están en uso, esto genera elevados índices de contaminación (Pachas, 2023).

En Lima cada año aumenta la producción y desecho de plástico, anualmente se generan 886 toneladas de residuos plásticos (Palomino, 2022). por otro lado, uno de los rubros que emplea el caucho es su fabricación son los zapatos, fabricar un par de zapatos emite 23,3 kg de CO₂, al año en Perú se fabrican 20 millones de zapatos (Mercedez & Zabaleta, 2020).

La industria de ladrillos mundialmente tiene una participación del 90 % en construcciones de hogares (Ctibor, 2021). En el Perú en el año 2022 tuvo un crecimiento del 41,7 % debido a su alta demanda en la construcción (Caser, 2023).

Alrededor del mundo existen diferentes prácticas de desecho del caucho, este material es quemado y otras veces se desecha a los mares. Es por esto que emplear partículas de caucho como componentes de bloques evita estas malas prácticas y disminuye la contaminación (Fariño, 2022).

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la proporción óptima de caucho y tereftalato de polietileno para la elaboración de ladrillos ecológicos?

1.2.2 Problemas específicos

¿Si logramos establecer el proceso productivo utilizando caucho y tereftalato de polietileno se obtendrán ladrillos ecológicos?

¿Aplicando caucho y tereftalato de polietileno en proporciones óptimas se logrará obtener ladrillos con propiedades físicas apropiadas?

¿Aplicando caucho y tereftalato de polietileno en proporciones óptimas se logrará obtener ladrillos con propiedades mecánicas apropiadas?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación social

Si existe una opción de producir ladrillos a bajo costo de producción y con material aprovechables, más familias van a lograr el objetivo de construir sus viviendas. Esto va a mejorar positivamente la calidad de vida de familias que habitan en hogares con condiciones desfavorables y vulnerables.

1.3.2 Justificación económica

En este apartado, existe congruencia con la finalidad de estudio, puesto que, va a permitir que los costos de producción disminuyan debido a que los materiales son reciclados, por ende, son económicos y accesibles.

1.3.3 Justificación ambiental

Al elaborar estos ladrillos a base de materiales aprovechables, van a reducir significativamente estos residuos. Mediante esta investigación se

va a aplicar el principio de Reutilizar, puesto que, al darle un segundo uso a los materiales en lugar de desecharlos, va a disminuir la necesidad de producir nuevos y más productos que impactan negativamente al ambiente.

1.4 Limitaciones

Este estudio se va a desarrollar en distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia y departamento de Tacna.

En el desarrollo de esta investigación, la ejecución de los ensayos destinados a medir las propiedades físicas y mecánicas requiere del apoyo de laboratorios externos. Aunque es posible utilizar los laboratorios de la universidad, se presentan limitaciones que hacen necesario recurrir a instalaciones especializadas adicionales.

Toda la tesis será financiada por el investigador, por ende, es complicado la adquisición de materiales para los ensayos debido a sus costos elevados.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Aprovechar los residuos de caucho y tereftalato de polietileno para la elaboración ladrillos ecológicos.

2.1.2 Objetivos específicos

Establecer el proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos utilizando caucho y tereftalato de polietileno.

Determinar las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones.

Determinar las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis general

Si se aprovechan los residuos de caucho y tereftalato de polietileno, entonces es posible elaborar ladrillos ecológicos.

2.2.2 Hipótesis específicas

El uso de caucho y tereftalato de polietileno permite establecer el proceso de elaboración de ladrillos ecológicos.

Si se analiza el ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno, entonces se determinan sus propiedades físicas.

Si se analiza el ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno, entonces se determinan sus propiedades mecánicas.

2.3 Variables

2.3.1 Indicadores de variables

a. Variables independientes

- Caucho
- Tereftalato de polietileno

b. Variable dependiente

- Ladrillos ecológicos

2.3.2. Operacionalización de las variables

En esta investigación, la operacionalización de las variables se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Independiente				
Caucho	Cantidad de caucho	Porcentaje (%)	Gravimetría	Laboratorios
Tereftalato de polietileno	Cantidad de tereftalato de polietileno	Porcentaje (%)	Gravimetría	Laboratorios
Dependiente				
Ladrillos ecológicos	Propiedades físicas	Dimensiones	cm	Ensayo de laboratorio
		Variación dimensional	mm	
		Densidad	g/cm ³	
		Volumen	cm ³	
		Alabeo	mm	
	Absorción	%		
Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	kg/cm ²		

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1 Marco referencial

3.1.1 Nivel internacional

Brushaiah et al. (2019) analizaron los ladrillos hechos a partir de residuos de plástico en la India. La metodología empleada fue de diseño experimental y de tipo aplicada. El proceso que emplearon inició desde el recojo de materiales, se dosificó, el quemado, la mezcla, el moldeo y el curado. La muestra fue de cinco unidades de ladrillos mezclados con arena y residuos en estado líquido. Entre los resultados se encontró que, el ladrillo de arena con adición de plástico tenía una resistencia de 5,6 N/mm² a la carga de compresión de 96 KN, además, la absorción del agua fue de 0%.

Izurieta & Rodríguez (2018) realizó un estudio con el objetivo de elaborar adoquines con materiales reciclados de plásticos PET1 y caucho. Además, utilizó un enfoque mixto y método hipotético deductivo. El estudio comenzó con la obtención de datos a los usuarios donde la población fue conformada por 100 posibles usuarios (constructores, artesanos y pobladores), a los cuales se les administró una encuesta y cuestionario, siendo su técnica e instrumento respectivamente. Posteriormente, se realizó el proceso de la propuesta, el cual inició desde el diseño,

elaboración del molde, la recolección de materia prima como cauchos y PET1, posteriormente, se realizó todo el proceso de mezclado, engrasado del molde, vaciado y desmoldado. Entre los resultados, luego de hacer todas las pruebas que establece la norma se demostró que, el PET1 puede ser empleado para la resistencia del adoquín, sin embargo, el caucho queda descartado debido a su impermeabilidad y maleabilidad con la arena. En conclusión, los materiales PET1 y caucho son incompatibles, pero sí se puede realizar este proceso de manera separada.

Di Marco et al. (2016) en su investigación se trazó como objetivo diseñar y elaborar ladrillos con PET en núcleos rurales de Socorro, Colombia. Para ello, la metodología fue experimental y de tipo aplicada. La muestra fue de 30 especímenes para las pruebas, incluyendo ladrillos con 0 %. El procedimiento inició con el diseño del patrón y el ladrillo con porcentajes de 20 %, 25 %, 30 % y 40 %. Entre los hallazgos se demostró que, los ladrillos elaborados cumplieron con la resistencia y variabilidad establecida por la norma, asimismo, la absorción fue menor a 12 %. El valor máximo de resistencia a la rotura correspondió al ladrillo que contenía 20 % de PET, con 4,95 MPa.

Ashraf et al. (2024) analizaron la viabilidad de fabricar ladrillos tipo Lego a partir de residuos plásticos (polietileno PE y tereftalato de polietileno

PET), evaluando sus propiedades mecánicas, térmicas y ambientales. El estudio fue cuantitativo, experimental y explicativo. Se emplearon como instrumentos los ensayos de resistencia a la compresión, absorción de agua, durabilidad, conductividad térmica y desempeño mecánico; en tanto que la muestra de estudio estuvo conformada por ladrillos. Los resultados demostraron que los ladrillos de PE con arena alcanzaron 38,65 MPa de resistencia a la compresión, los de PET con arena 76,85 MPa y los de mezcla PE-PET 26,64 MPa. Además, presentaron baja absorción de agua, buena ductilidad y conductividad térmica entre 0,8 y 1,05 W/mK. Concluyó que, la unidad de ladrillos tipo Lego elaborados con residuos plásticos y arena ofrecen buen desempeño mecánico y térmico, al tiempo reducen emisiones de CO₂, constituyendo una alternativa sostenible y aplicable en la construcción.

Oke & Abuel (2025) evaluaron el uso de materia prima sostenibles en la elaboración de ladrillos a partir de una mezcla experimental que incorpora arena, residuos de polvo de horno de cal (LKD), escoria granulada de alto horno (GGBFS) y caucho de neumático reciclado. El estudio fue explicativo, experimental, comparativo y la muestra fue conformada por ladrillos ecológicos fabricados con distintas proporciones de reemplazo de arena (0 %, 5 % y 10 %) y se contrastaron con ladrillos industriales y de arcilla cocida. Los hallazgos mostraron que los ladrillos

con caucho y adiciones minerales tuvieron valores de resistencia a la compresión (6 y 9 MPa) y absorciones de agua entre 7 % y 12 %, cumpliendo con los requisitos mínimos para construcciones no portantes y viviendas de pequeña escala. Concluyen que, la unidad de ladrillos ecológicos son una elección sostenible que ayuda a reducir el uso de arena natural, reutilizar residuos y promover la producción más sostenible.

3.1.2 Nivel nacional

Farfán (2019) realizó una propuesta para usar caucho reciclado y tereftalato de polietileno para elaborar ladrillos ecológicos en Chorrillos, Lima. Para ello, empleó una investigación de tipo aplicada, diseño experimental y nivel explicativo. Tomó 200 toneladas de residuos de botellas de una playa y 25 toneladas de neumáticos fuera de uso y la muestra fue conformada por 16 toneladas de residuos de botellas y 30 kg de neumáticos. Entre las técnicas empleados se encontró la observación, análisis de documentos, muestreo superficial y experimentación, mientras que, los instrumentos fueron obtención fotográfica, ficha de observación, fichas de parámetros y análisis documental de la experimentación. Para desarrollar este proyecto, el autor siguió una serie de pasos como la recolección, lavado, secado, triturado, análisis granulométrico, prensado y finalmente realizó pruebas físicas y mecánicas. Entre los resultados

manifestaron que, la cantidad óptima para la elaboración es de 24% de tereftalato de polietileno, y el caucho reciclado debe tener 50% de cemento y 25% de sílice. En conclusión, el proyecto fue realizado de acuerdo a los parámetros establecidos y cumplieron las características físicas y para darle resistencia de comprensión de un muro.

Merino & Rosado (2022) en su estudio tuvo como objetivo de elaborar un prototipo de eco-ladrillo empleando tereftalato de polietileno (PET) reciclado. Se empleó una metodología de tipo aplicada, diseño experimental y enfoque cuantitativo. La población fue conformada por 28 eco ladrillos y se tomó una muestra de 20 unidades, a los cuales se les haría una ruptura a los 7 días, y la segunda a los 5 días. En esta mezcla se consideraron 4 muestras con porcentajes de 10 %, 20 %, 30 % y una unidad que no lleva diseño de mezcla. El proceso que se siguió inició desde la obtención del PET, preparación, secado y análisis, para posteriormente elaborar el molde y fabricar el ladrillo. Entre los resultados se demostró que, de los 4 prototipos que se elaboraron, el más eficiente fue el que se empleó el 20 % de PET, obteniendo $114,35 \text{ kg/cm}^2$ en el plazo de 12 días de curado. En conclusión, este prototipo cumplió todas las normas establecidas y es el más apropiado para construir las viviendas.

Huiza (2023) realizó una investigación con el objetivo de analizar la influencia de tereftalato de polietileno (PET) en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales de arcilla. Se utilizó el método científico, de tipo aplicada, nivel explicativo – descriptivo y diseño experimental. Para la población se empleó arcilla junto a cantidades (4 %, 7 % y 10 %) de tereftalato de polietileno reciclado. El método empleado fue la observación directa. Se siguió una serie de pasos como selección, dosificación, mezclado, moldeado y secado, para posteriormente pasar al proceso de carga y descarga del horno, clasificación y finalmente se realizaron ensayos físicos mecánicos. En cuanto a los hallazgos, se encontraron que, el PET influye de manera positiva en las propiedades físicas del ladrillo, pero de manera negativa en las propiedades mecánicas. En conclusión, emplear PET como único componente en los ladrillos, no tiende a cumplir los estándares estipulados en la norma E.070.

Cabrera & Cercedo (2021) examinaron la influencia del caucho reciclado en la resistencia de compresión y absorción de los ladrillos. Para lograrlo, realizaron una investigación de nivel explicativo, tipo cuantitativo, y diseño experimental. Entre las técnicas empleadas se encontró a la técnica bibliográfica y la observación; asimismo, los instrumentos fueron las fichas bibliográficas y la guía de observación. Se demostró que, se analizaron las propiedades de 3 tipos de ladrillo con porcentajes de 4 %, 8

% y 12 %, los que, si se agrega más caucho, disminuye más la absorción. Asimismo, cumplieron con la normativa de que la absorción no sea mayor a 12 %. En conclusión, la resistencia y la proporción son las adecuadas según la norma, además, el costo es inferior al convencional.

Ampuero & Romero (2020) llevaron a cabo una investigación orientada al análisis de los parámetros físicos y mecánicos de los ladrillos ecológicos elaborados con materiales reciclados. El estudio se enmarcó en un enfoque descriptivo, aplicando la técnica del análisis documental y utilizando como instrumento la guía de revisión documental. En los hallazgos, se demostró que, el plástico reciclado puede transformar en residuos para la elaboración de ladrillos, sin embargo, estos deben cumplir parámetros establecidos. Entre ellos destaca la resistencia a la compresión de ladrillos, que debe estar entre el 5 % a 15 %, puesto que, si esta es mayor, la resistencia va a disminuir. Asimismo, la durabilidad depende de la permeabilidad y resistencia a su compresión.

Atencio (2025) tuvo que elaborar ladrillos ecológicos con caucho reciclado de NFU y PET, para demostrar que cumplen con las propiedades físicas y mecánicas requeridas en la construcción. El estudio fue aplicado, cuantitativo y experimental. La muestra fueron tres tratamientos de ladrillos con diferentes proporciones de PET y NFU (T-12 %, T-24 % y T-36 %). Los

resultados evidenciaron que la resistencia a la compresión disminuyó al incrementar plástico y caucho reciclado, destacando la muestra T-12 % con el mejor desempeño (14,82 kg/cm²) y mayor densidad (1,88 g/cm³). En cambio, el T-36 % registró la mayor absorción de agua (11,2 %). El autor concluyó que los ladrillos ecológicos son viables y sostenibles, aunque es necesario optimizar las proporciones de material reciclado para equilibrar resistencia y funcionalidad.

Pardo & Paredes (2023) desarrollaron y evaluaron ladrillos con adición de caucho reciclado, con el propósito de mejorar su resistencia frente a esfuerzos horizontales en contextos sísmicos. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental, y se trabajó con una muestra de 40 ladrillos macizos de arcilla, organizada en cuatro grupos de 10 unidades: un grupo patrón y tres con incorporaciones de 5 %, 10 % y 15 % de caucho reciclado. Como instrumento se emplearon fichas de observación para el registro de datos. Los resultados indicaron que el 5 % de adición constituye la proporción más adecuada, al evidenciar el menor desplazamiento (0,396 mm) y la deriva más baja (0,000159). En contraste, el 15 % registra los valores más altos (0,488 mm y 15,677 mm en desplazamientos; 0,000195 en deriva). En conclusión, la adición del 5 % mejora las propiedades del ladrillo y cumple con lo dispuesto en la norma RNE E.030 de Diseño Sismorresistente.

Vargas & Meza (2025) tuvieron que fabricar ladrillos de tereftalato de polietileno (PET) reciclado, triturado y extruido, sin aditivos ni minerales para contribuir a la modificación de viviendas rurales en Cusco. El estudio fue cuantitativo, experimental y explicativo. La muestra consistió en ladrillos fabricados con PET reciclado y utilizaron como instrumento ensayos para evaluar la resistencia, densidad, absorción hídrica, impermeabilidad, estabilidad dimensional y ensayo térmico. El principal resultado evidenció una resistencia a la compresión promedio de 213,5 kgf/cm², densidad de 0,64 g/cm³ y una absorción hídrica de 0,29 %, demostrando muy buena impermeabilidad; además, el tiempo de ignición fue de 180,8 s y los ladrillos mostraron adecuada estabilidad dimensional con masa promedio de 1 080 g. Concluyeron que, la unidad de ladrillos de PET reciclado son una alternativa válida y replicable, aportando a la economía circular y a la eficiencia térmica en edificaciones de baja tecnología.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Tereftalato de polietileno (PET)

El tereftalato de polietileno (PET) es un polímero termoplástico que se obtiene a partir de la reacción química entre el etilenglicol y el ácido tereftálico. Este material corresponde a una sustancia de origen sintético con estructura macromolecular, constituida por diferentes hidrocarburos,

alcoholes y compuestos orgánicos. Fue patentado en 1941 por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson como una fibra polimérica (Ambientum ,2000, citado en Farfán, 2019).

El PET se produce a partir de petróleo, gas natural y aire, con una proporción aproximada de 64 % de petróleo, 23 % de derivados líquidos del gas y 13 % de aire. Este material se caracteriza por su ligereza, transparencia, brillo y resistencia a la compresión. Asimismo, tiene la capacidad de conservar las propiedades organolépticas de los alimentos, como su sabor y aroma, y funciona como una barrera eficaz frente a los gases, lo que le ha permitido sustituir a otros materiales en diversas aplicaciones (Luis, 2008, citado en Farfán, 2019).

Propiedades

Entre las principales cualidades de los plásticos se encuentran su solidez en proporción a la baja densidad, la capacidad de actuar como aislantes eléctricos y térmicos, así como su resistencia frente a disolventes, álcalis y ácidos. Adicionalmente, presentan prolongada durabilidad, buena resistencia al deterioro, estabilidad química y comportamiento térmico favorable (Angumba, 2016).

Tabla 2

Propiedades mecánicas, térmicas, químicas del Tereftalato de Polietileno (PET)

Datos Técnicos del Polietileno-Tereftalato (PET)		
Propiedades Mecánicas		
Peso específico	134	g/cm ³
Resistencia a la tracción	825	kg/cm ²
Resistencia a la flexión	1 425	kg/cm ²
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	28 955	kg/cm ²
Resistencia al desgaste por roce	Muy Buena	
Absorción de humedad	0,25	%
Propiedades Térmicas		
Temperatura de fusión	225	°C
Conductividad térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coeficiente de dilatación lineal de 23 °C a 100 °C	0,00008	mm por °C
Propiedades Químicas		
Resistencia a álcalis débiles a Temperatura Ambiente	Buena	
Resistencia a ácidos débiles a Temperaturas Ambiente	Buena	
Comportamiento a la Combustión	Arde con mediana dificultad	
Propagación de llama	Mantiene la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

Nota: Adaptado de Plástico Mecanizable (2017), citado en Farfán (2019).

3.2.2 Caucho

Los principales componentes químicos de los neumáticos en desuso se encuentran el caucho natural y sintético (como el caucho de estireno butadieno y el caucho de cis-1-butadieno), así como azufre, negro de humo, óxido de silicio, óxido de hierro, óxido de calcio y otros aditivos. Los fragmentos o partículas de neumáticos en desuso presentan una elevada capacidad de compresión, lo que contribuye a mejorar la amortiguación del suelo, incrementar su módulo de corte y optimizar sus propiedades mecánicas al ser mezclados con él. (Yang et al. 2020).

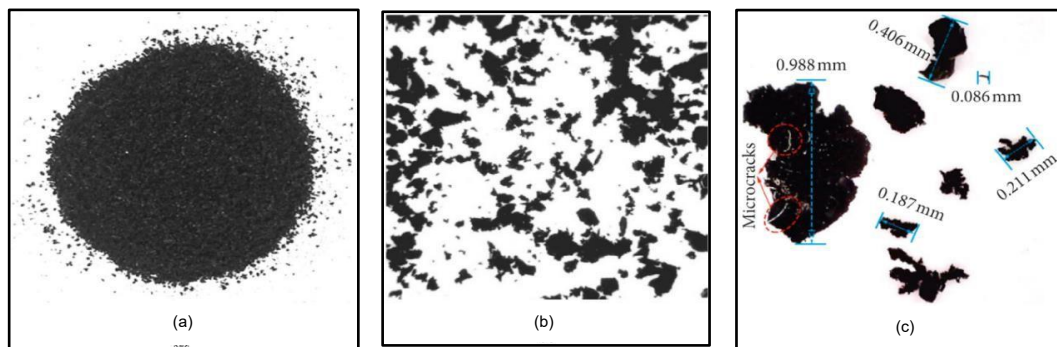


Figura 1

Polvo de caucho observado a distintos aumentos

Nota: Polvo de caucho para neumáticos con diferentes aumentos. (a) Sin aumento. (b) aumento de 50x. (c) aumento de 100x. Tomado de Yang et al. (2020).

- **Propiedades físicas**

El caucho es un polímero caracterizado por tener dentro de sus principales propiedades físicas, la capacidad de resistencia eléctrica, la cual consiste en que un objeto tiene la posibilidad de resistir el paso de la electricidad por medio de un conducto. Otra de sus propiedades es la capacidad de ser repelente al agua, quiere decir que el caucho forma una barrera aislante para poder evitar que se filtren líquidos del exterior hacia el interior. También presenta la capacidad de la elasticidad, o dicho de otra forma puede en cierta manera recuperar su forma original en el momento que cesa la fuerza que lo está deformando (Farfán, 2019).

- **Propiedades mecánicas**

Tiene como propiedad la resistencia a la tracción, que se mide a través de la tensión que necesaria para generar ruptura en un objeto. La elongación es otra de sus propiedades, está consiste en el cambio de forma cuando se emplea una fuerza, aquí el objeto a través del estiramiento se vuelve más largo. El desgarro también forma parte de las propiedades mecánicas del caucho, está se mide mediante la resistencia que tiene un objeto de goma para producir laceración en su proceso de uso o fabricación. Por otra parte, encontramos a la abrasión la cual consiste en la cantidad perdida de material que se da cuando hay fricción entre dos

superficies. Finalmente, otra de sus propiedades conocidas es la resiliencia que viene a ser la relación entre la energía total y la energía recuperada después que se ha dado una deformación (Cabrera & Cercedo, 2021).

3.2.3. Ladrillos

El ladrillo es una unidad constructiva que puede elaborarse con arcilla o adobe, sometido o no a procesos de cocción, aunque también puede elaborarse con hormigón o morteros alternativos. Los ladrillos de arcilla se producen tanto de forma artesanal, mediante moldes, como de manera industrial, donde se acostumbra extender la arcilla en capas gruesas que luego se seccionan con alambres hasta lograr la forma requerida. Su empleo es común en edificaciones y en obras de pavimentación. (Hornbostel, 1999).

- **Propiedades físicas**

Encontramos variación dimensional que viene a ser las variaciones en promedio que se presentan en las caras de los ladrillos; el alabeo es otra propiedad que permite Determinar si el ladrillo presenta una curvatura convexa a la cara del asiento; la absorción también forma parte de estas propiedades, consiste en la diferencia del peso entre un ladrillo en un estado seco y posteriormente en su estado saturado de líquido; y la

propiedad de la succión que es la cantidad de avidez de líquidos del ladrillo en la cara del asiento (Llanos & Medrano, 2022).

- **Propiedades mecánicas**

En los ladrillos encontramos la resistencia a la comprensión lo cual hace que el ladrillo pueda resistir a ser comprimido. En cuanto a la durabilidad, se encuentra la absorción la cual es la capacidad contener líquidos como el agua; la resistencia a la congelación que es la capacidad que tienen los ladrillos para soportar bajas temperaturas sin presentar fracturas. También presentan resistencia al fuego que es resistir elevadas temperaturas sin sufrir daño; y finalmente el aislamiento térmico que es consiste en la baja conductividad térmica que tienen los ladrillos (Torres, 2021).

- **Ensayo de Compresión**

Este ensayo se basa en someter una probeta a la acción de cargas compresivas con el propósito de estudiar las propiedades mecánicas del material, identificando su desempeño estructural y la manera en que responde frente a esfuerzos de este tipo (Beer, 2001).

- **Proceso de fabricación de ladrillos**

La elaboración de los ladrillos se da en 6 etapas, la primera viene a ser donde se extrae la materia prima, aquí se deben hacer análisis para identificar si el producto es apto o no para la construcción. La segunda etapa es del moldeado, aquí se suele tener moldes donde se vierte la mezcla. La tercera etapa es de reposo o corte donde los ladrillos son dejados por aproximadamente 8 días en espacios aireados. La cuarta etapa es la de secado, aquí se forman muros con los ladrillos para poder eliminar el agua, esto dura un aproximado de 11 días. La quinta etapa es el análisis donde se puede identificar problemáticas como el inadecuado secado. La sexta etapa es la cocción, aquí los ladrillos pasan por el horno para adquirir solidez, dureza y resistencia (Martínez & Calambas, 2020).

3.3 Definición de conceptos básicos

- **Tereftalato de polietileno**

El tereftalato de polietileno constituye uno de los polímeros de mayor aplicación a escala mundial. Aunque puede recibir distintas denominaciones, se le identifica comúnmente con el acrónimo PET, derivado de su nombre en inglés (polyethylene terephthalate). Su producción se lleva a cabo mediante un proceso de policondensación,

resultado de la interacción química entre el ácido tereftálico y el etilenglicol (Gutiérrez, 2021).

El PET se considera un material no biodegradable esto se debe a su alta cristalinidad. Producto de esta característica, los plásticos PET son unos de los que más contaminan el medio ambiente, pues se emplea en la producción de envases como botellas, tupperes, platos, bolsas, textiles, entre otros productos que son de uno o pocos usos y luego se desechan (Pérez, 2020).

- **Caucho**

El caucho es un material derivado del procesamiento del látex, proviene de la corteza de un árbol, existe un caucho que es natural y otro sintético. El caucho es conocido por su amplia utilización en la fabricación de neumáticos y otros objetos como zapatos ya que tiene propiedades que lo hacen perfectos para elaborar estos productos (Muñoz et al. 2021).

- **Ladrillo**

Los ladrillos son de las estructuras más utilizadas en el rubro de la construcción, suelen tener forma rectangular y deben presentar características que se adecuen a las normas correspondientes para asegurar que las construcciones sean resistentes y estén realizadas de

acuerdo al ambiente en el que se realizará la obra. Estos bloques suelen ser elaborados de diferentes materiales, el más común es la arcilla (Grijalva & Narváez, 2019).

- **Ladrillo ecológico**

Los ladrillos ecológicos o también denominados ecoladrillos son una alternativa más sustentable a los convencionales ladrillos ya que estos en su fabricación emiten gran cantidad de contaminación. Para elaborar los ladrillos ecológicos se emplean distintos materiales y métodos, se pueden añadir cáscaras de arroz, plásticos, caucho, entre otros materiales que al ser reutilizados disminuyen la huella ambiental (Chino & Mathios, 2020).

- **Propiedades físicas**

Las propiedades físicas de un objeto son las particularidades presentes o propias de dicho objeto. Estas pueden ser estudiadas, analizadas y medidas haciendo uso de algún instrumento en específico o de los sentidos para poder identificar particularidades como color, olor, textura, entre otros (Ríos & Torres, 2021).

- **Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas se refieren al comportamiento que presenta un material u objeto cuando es sometido a la acción de

determinadas fuerzas. Estas pueden ser medidas mediante diferentes técnicas, procesos y con el uso de instrumentos apropiados. (Torres, 2021)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y nivel de la investigación

Este estudio fue de tipo aplicada, porque tiene el propósito de dar respuesta a una interrogante de investigación, la cual aparece partiendo de un problema práctico observado en los ladrillos tradicionales.

Esta investigación tuvo un nivel explicativo. De acuerdo con Hernández et al. (2014), este tipo de investigación busca identificar las causas que originan determinados sucesos o fenómenos, ya sean de carácter físico o social. Su propósito central es esclarecer los motivos por los cuales se presentan y las circunstancias en que tienen lugar, así como comprender la relación existente entre dos o más variables.

4.2 Lugar de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann del departamento y provincia de Tacna, en el distrito de Gregorio Albarracín.

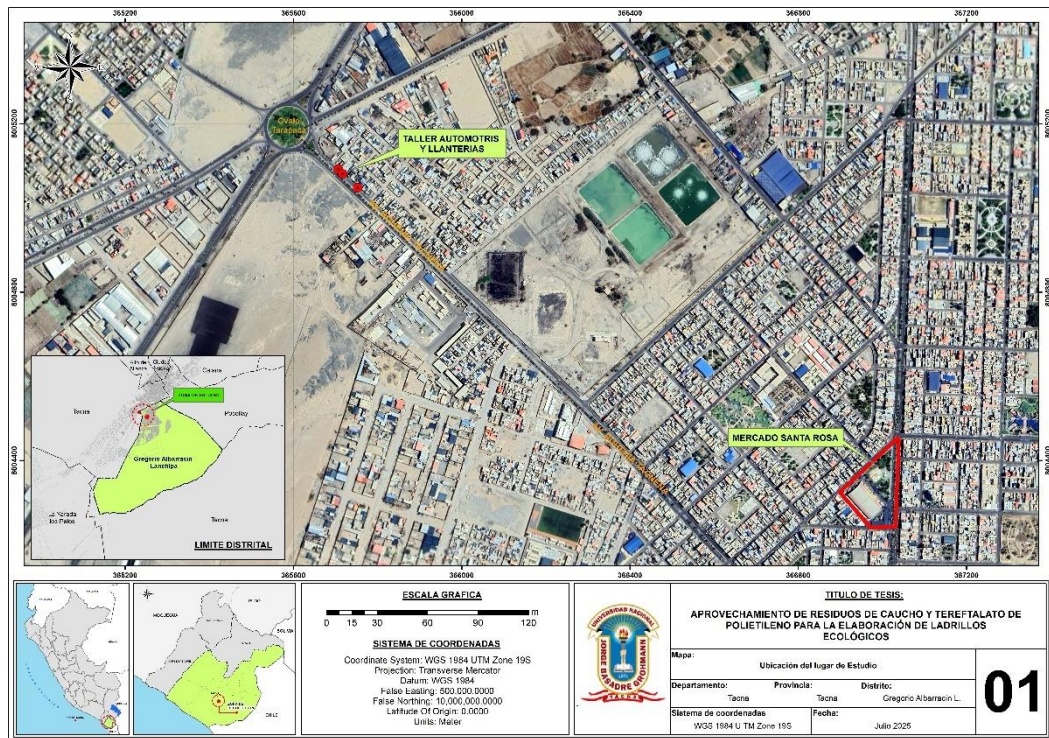


Figura 2

Mapa de ubicación del lugar de estudio

4.3 Población y/o muestra de estudio

4.3.1 Población

La población estuvo conformada por los residuos de botellas de PET (Tereftalato de Polietileno) del mercado Santa Rosa y los neumáticos fuera de uso de los talleres que se encuentran en la Av. Bohemia Tacneña del Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, el cual se codificarán como PET-1 y MF-1.

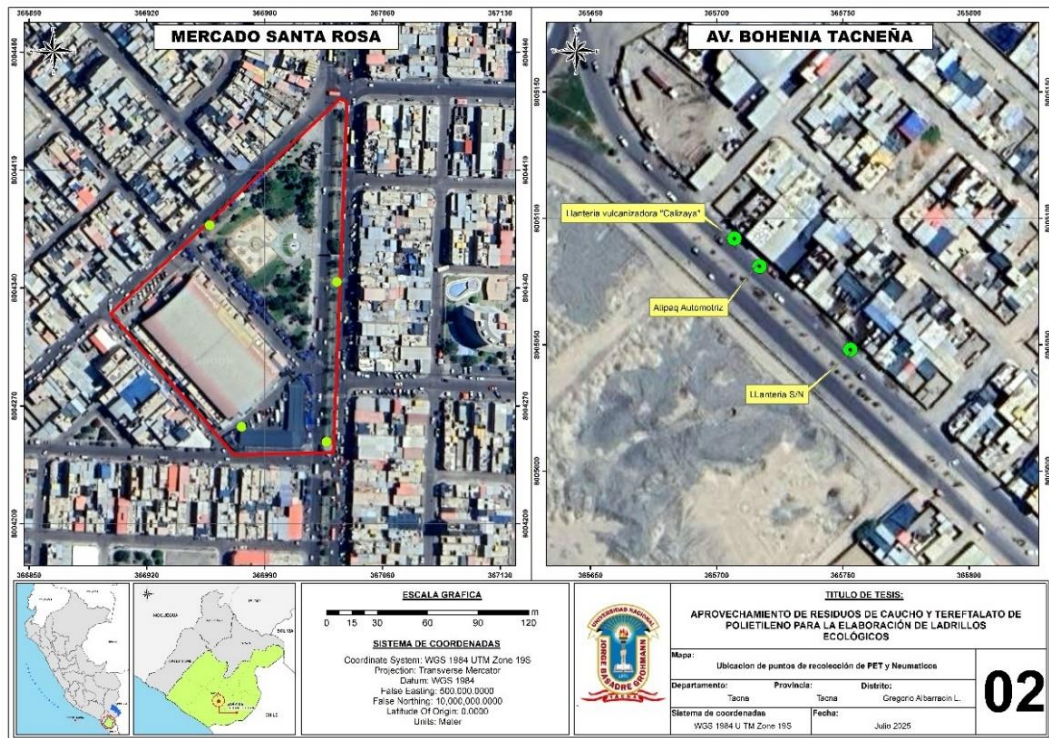


Figura 3

Mapa de puntos de recolección de PET y Neumáticos fuera de uso

4.3.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por 20 kg de botellas PET y 35 kg de neumáticos en desuso. Esta selección es fundamental para asegurar la representatividad de la población, ya que se dividirá en tres grupos proporcionales para la fabricación de tres ladrillos con distintas proporciones (%).

4.3.3 Diseño de investigación

En esta investigación, se utilizó un diseño completamente aleatorio (DCA) para contrastar la hipótesis planteada. Se estableció un diseño de 36 unidades experimentales debido a que se realizaron 4 repeticiones para los tres tratamientos y un patrón, cuya ecuación matemática se muestra:

Donde:

I = 1,2 y 3 tratamientos

J = 1, 2, 3 y 4. Repeticiones

Y_{ij} = Variable respuesta (propiedades físicas y mecánicas)

μ = La media común a todos los datos del experimento.

T_i = Efecto de la Cantidad de caucho y cantidad de tereftalato de polietileno reciclados

ϵ_{ij} = Error aleatorio

Tabla 3

Diagrama del diseño experimental completamente aleatorio

Tratamiento (i)	Repeticiones (j)			
	1	2	3	4
Patrón (0 %)	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}
T1 (6 %)	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}
T2 (12 %)	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}
T3 (20 %)	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}	Y_{ij}

Donde:

Patrón: 0 % de caucho y 0 % de tereftalato de polietileno reciclado

T1: 3 % de caucho y 3 % de tereftalato de polietileno reciclado

T2: 6 % de caucho y 6 % de tereftalato de polietileno reciclados

T3: 10 % de caucho y 10 % de tereftalato de polietileno reciclados

4.4 Tratamiento de datos

Para el tratamiento de los resultados se utilizó el software Stagraphitos y Microsoft Excel, con el cual se realizó la tabulación de los datos, tablas, figuras y justificación de las hipótesis.

4.5 Técnicas aplicadas en la recolección de la información

La investigación se utilizó en dos técnicas fundamentales: la experimental, aplicada para comprobar los efectos de las variables, y la observacional, destinada al registro directo de los resultados.

Para el objetivo 1: se utilizó la norma técnica peruana (NTP) E.070 del RNE y 399.613 para establecer el proceso de elaboración de ladrillos.

Para el objetivo 2: se utilizó los ensayos para determinar las siguientes propiedades físicas: dimensiones, variación dimensional, densidad, volumen, alabeo y absorción

Para el objetivo 3: se utilizó los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas de las unidades de ladrillo, en este caso la resistencia a la compresión.

4.6 Procedimiento y análisis de objetivos

4.6.1 Proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos utilizando caucho y tereftalato de polietileno

Para ello se realizó los siguientes pasos:

Paso 1: Elaboración del molde

El molde de la unidad de albañilería tuvo una longitud de 24 cm, un ancho de 12.5 cm y una altura de 9 cm, cumpliendo con las dimensiones establecidas en la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.613, que regula las características de los ladrillos de arcilla y unidades de albañilería. Estas dimensiones garantizan la estandarización en la construcción y aseguran la compatibilidad con otros elementos estructurales, así como el cumplimiento de las exigencias de resistencia y durabilidad.

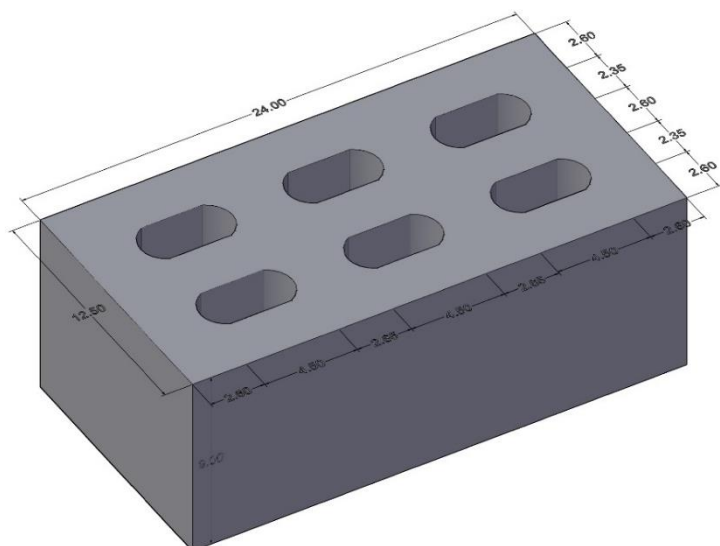


Figura 4

Molde del ladrillo ecológico

Paso 2: Recolección y acondicionamiento de materiales

Posteriormente, se efectuó la adquisición de los agregados finos y gruesos provenientes de la cantera Arunta, situada en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa. Del mismo modo, se obtuvieron los materiales reciclados empleados como sustitutos: granulado de tereftalato de polietileno (PET) con un tamaño de partícula entre 8 y 10 mm, y granulado de caucho con dimensiones comprendidas entre 1.5 y 2.5 mm. Asimismo, se adquirió cemento tipo HS, equivalente al cemento Portland Tipo V, empleado por su alta resistencia a los sulfatos y durabilidad en ambientes agresivos.

Paso 3: Elaboración del diseño de mezcla con concreto

Con dichos materiales se llevó a cabo el diseño de la mezcla de concreto, con el objetivo de determinar las proporciones óptimas de cemento tipo HS, agregados y agua para la fabricación de los ladrillos. Este proceso aseguró la trabajabilidad adecuada de la mezcla durante su elaboración.

En la Tabla 4 se presenta el diseño de mezcla correspondiente a un volumen de 2 700 cm³, equivalente al de un ladrillo ecológico. La relación agua/cemento determinado fue de 0,55, lo que significa que se utilizaron 0,55 partes de agua por cada parte de cemento en peso. Este valor permitió alcanzar un balance adecuado entre la trabajabilidad de la mezcla durante el moldeo y la resistencia mecánica del producto final, minimizando al mismo tiempo la generación de porosidad excesiva.

Tabla 4

Diseños de mezcla de concreto para la elaboración de ladrillos ecológicos

Diseño de Mezcla de concreto para 2 700 cm³		
Materiales	Peso (kg)	Dosificación
Arena gruesa	1,734	43,35 %
Arena fina	1,549	38,73 %
Cemento tipo HS	0,717	17,93 %
Agua	0,400	0,400 L

Paso 4: Preparación de los insumos y materiales

Se emplearon partículas trituradas de caucho y tereftalato de polietileno (PET), junto con arena fina y gruesa, cemento tipo HS y agua para la elaboración de la mezcla. La preparación se realizó conforme a los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería, que regula la dosificación y mezcla de materiales para garantizar que la mezcla resultante cumpla con los estándares de resistencia, durabilidad y calidad requeridos para su aplicación en elementos constructivos.



Figura 5

Materiales para la elaboración de ladrillos ecológicos

Paso 5: Dosificación de la mezcla según diseño

Luego se realizó la mezcla de los materiales y las cantidades adecuadas de caucho y tereftalato de polietileno reciclados según los siguientes tratamientos:

- Patrón: 0 % de caucho y 0 % de tereftalato de polietileno reciclados.
- T1: 3 % de caucho y 3 % de tereftalato de polietileno reciclados.
- T2: 6 % de caucho y 6 % de tereftalato de polietileno reciclados.
- T3: 10 % de caucho y 10 % de tereftalato de polietileno reciclados.

Tabla 5

Dosificación de materiales para los tratamientos

Materiales	Tratamientos							
	Patrón (0 %)		T1 (6 %)		T2 (12 %)		T3 (20 %)	
	Dosis (%)	Peso (kg)	Dosis (%)	Peso (kg)	Dosis (%)	Peso (kg)	Dosis (%)	Peso (kg)
PET	0	0,00	3	0,098	6	0,240	10	0,400
Caucho	0	0,00	3	0,098	6	0,240	10	0,400
Arena	82	3,283	76	3,086	70	2,803	62	2,483
Cemento	18	0,717	18	0,717	18	0,717	18	0,717
Peso	100	4,00	100	4,00	100	4,00	100	4,00



Figura 6

Dosificación de los materiales según los tratamientos

Nota: Dosificación de materiales para diferentes tratamientos. a) Dosificación de caucho, b) Dosificación de PET, c) Dosificación de cemento y arena, d) Dosificación de arena.

Posteriormente se batió la mezcla agregando agua hasta lograr la consistencia deseada para elaboración del ladrillo.

Paso 6: Mezclado y moldeado de las muestras

El mezclado se realizó de forma manual hasta alcanzar la consistencia adecuada. Luego, se efectuó el moldeado para asegurar el correcto conformado de los ladrillos. Finalmente, las unidades moldeadas fueron dejadas en reposo durante el tiempo previamente establecido, con el propósito de garantizar su estabilidad inicial.



Figura 7

Moldeado de ladrillo ecológico para cada tratamiento

Nota: a) Mezclado y vertido de la mezcla, b) Moldeado de los ladrillos.

Paso 7: Secado y curado de los ladrillos ecológicos

El curado se realizó a la intemperie durante un periodo de 28 días. Este proceso se inició a las 24 horas de haber sido moldeados los ladrillos, aplicándose agua cada 4 horas durante el turno diurno en los primeros 8 días. Posteriormente, las aplicaciones continuaron cada 24 horas hasta

completar los 28 días. Este procedimiento permitió que el material fragüe de manera adecuada, asegurando su resistencia y durabilidad, tal como señalan Cui et al. (2024), quienes demostraron que un curado controlado y prolongado mejora significativamente las propiedades mecánicas y la adherencia del mortero de cemento.

En la Figura 8 se presenta el secado y curado de los ladrillos ecológicos, mientras que en la Figura 9 se muestra el diagrama correspondiente a al diagrama de etapas de elaboración del ladrillo ecológico.



Figura 8

Secado y curado de ladrillo ecológico para cada tratamiento

Nota: a) Secado de ladrillos, b) Curado de ladrillos durante 28 días.

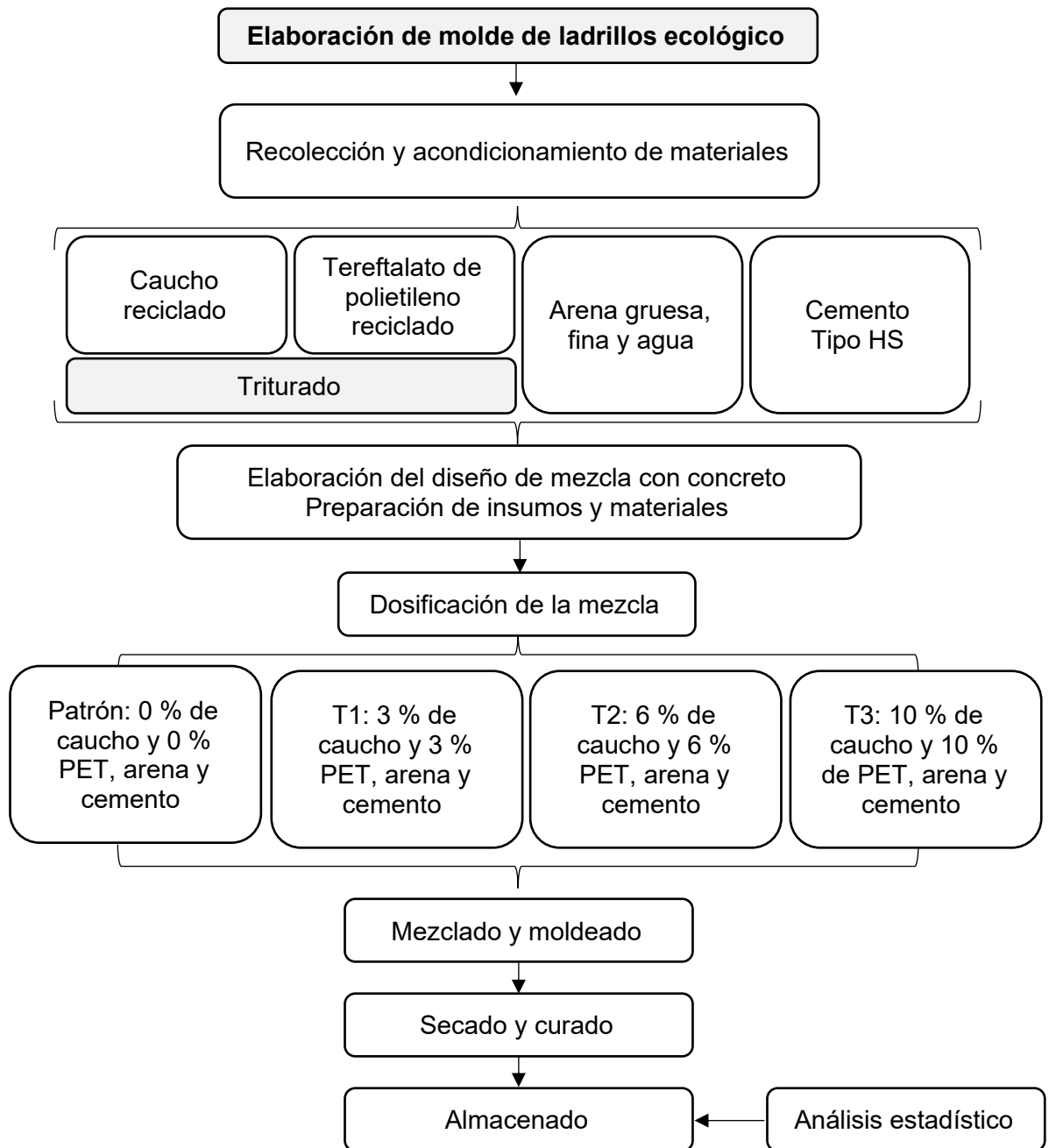


Figura 9

Diagrama del proceso de elaboración del ladrillo ecológico

4.6.2 Determinación de las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones

4.6.2.1 Variación dimensional

Se realizó según las normas NTP 399.613 y 399.604

El ensayo se realizó con una muestra representativa de 12 especímenes. Se usó una regla de acero graduada 30 cm.

La determinación del ancho y largo se llevó a cabo mediante cuatro mediciones, dos en los extremos y dos en las caras, partiendo del punto medio de los bordes que delimitan dichas superficies. Cada registro se efectuó con una exactitud de 1 mm, y el valor resultante del promedio de las cuatro mediciones se adoptó como el ancho definitivo, consignado con una aproximación de 0,5 mm.

De igual modo, la altura se midió en ambos extremos y en ambas caras, tomando como referencia el punto medio de los bordes limitantes. Se realizaron cuatro registros con una precisión de 1 mm, cuyo promedio se asumió como la altura final, expresada con una aproximación de 0,5 mm.

La variación dimensional se calculó de la siguiente manera:

La longitud de cada arista del espécimen ($D = L, b, h$) se determinó

obteniendo el promedio de cuatro mediciones realizadas en la zona central de cada cara. Posteriormente, para cada arista se calculó un valor promedio general (D_p) correspondiente a toda la muestra. Esta medida se comparó con la dimensión nominal proporcionada por el fabricante (D_e), restándole dicha referencia y dividiéndola entre D_e .

$$V (\%) = \frac{100 \times (D_e - D_p)}{D_e}$$

Donde:

$V \%$ = Variación Dimensional

D_e = Dimensión nominal

D_p = Dimensión promedio

4.6.2.2 Densidad

Se realizó según las normas NTP 331.613. La densidad se relaciona con las demás propiedades del ladrillo, lo cual indica que a mayor densidad las propiedades de resistencia del ladrillo serán mejores. Para realizar el ensayo se usa cualquier tipo de máquina para que sirva para el ensayo de densidad. Para ellos se realizó el secado a la intemperie a sol directo para posteriormente pesarlo mediante una balanza.

Para el cálculo de la densidad, se empleó la siguiente fórmula:

$$D \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{W_d}{V}$$

Donde:

Wd = peso seco del espécimen (g)

V = volumen (cm³)

4.6.2.3 Volumen

Para la determinación del volumen del ladrillo se calculó con la siguiente fórmula:

$$V(\text{cm}^3) = A \times L \times H$$

Donde:

V = Volumen del espécimen (Cm³)

A = Ancho del espécimen (Cm)

L = Largo del espécimen (Cm)

H = Altura del espécimen (Cm)

4.6.2.4 Alabeo

Se realizó según la NTP 399.613 2005.

- **Instrumentos**

- Se empleó una regla de acero de medición con graduación mínima de 1 mm, cuyas dimensiones fueron de 30 cm.
- Como apoyo se utilizó una superficie rígida y plana, fabricada en acero o vidrio, con medidas mínimas de 300 mm × 300 mm y un rango de planitud no mayor a 0,025 mm.
- Se utilizará 12 unidades de ladrillo para la determinación del alabeo.

- **Procedimiento**

Superficies cóncavas

Para la medición, se posicionó una varilla recta en la superficie del espécimen, en la dirección diagonal o longitudinal que presentaba la mayor irregularidad. Se determinó la máxima distancia entre la varilla y la superficie, registrándola con una regla metálica graduada de precisión de 1 mm. El resultado obtenido se registró como la magnitud de la distorsión cóncava presente en la superficie.

Bordes cóncavos

Se posicionó la varilla de borde recto uniendo los extremos del borde cóncavo a medir. A continuación, se registró la mayor distancia entre el borde del espécimen y la varilla, utilizando para ello una regla metálica con graduación de 1 mm. El valor obtenido se tomó como la distorsión cóncava del borde.

Superficies convexas

La cara convexa del espécimen se apoyó sobre una superficie plana, asegurando que sus esquinas quedaran equidistantes respecto a dicha base. Posteriormente, se midió con una regla metálica graduada, con precisión de 1 mm, la separación existente en cada una de las cuatro esquinas. El promedio de estas mediciones se tomó como el valor de la distorsión convexa del espécimen

Bodes convexos

Se apoyó la varilla de borde recto sobre los extremos del borde convexo del espécimen. Seguidamente, se determinó la máxima distancia entre la varilla y el borde, midiendo dicho valor con una regla metálica con graduación de 1 mm. El resultado se consignó como la distorsión convexa del borde.

4.6.2.5 Absorción

Se realizó según las normas NTP 399.604 y 399.613. La absorción se midió sumergiendo el espécimen en agua fría por 24 horas. Para realizar el ensayo los especímenes se sometieron previamente al proceso antes mencionado y luego se volvió a realizar el pesaje.

- **Procedimiento**

El espécimen fue colocado en inmersión dentro de agua limpia (ya sea destilada, potable o de lluvia) con una temperatura comprendida entre 15,5 °C y 30 °C durante 24 horas. Finalizado este periodo, la unidad de ladrillo se retiró, se eliminó el exceso de agua de su superficie con un paño y, luego de transcurridos 5 minutos, se registró su peso. El mismo procedimiento se repitió para los ladrillos con 8 y 28 días de edad.

Para el cálculo de la absorción, se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{W_d - W_s}{W_s} \times 100$$

Donde:

W_s = Peso del ladrillo saturada después de 24 horas de inmersión (g).

W_d = Peso seco del ladrillo después de 24 horas en horno (g).

4.6.3 Determinación de las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones

4.6.3.1 Resistencia a la compresión

El procedimiento se ejecutó conforme a las NTP 399.604 y 399.613. Para el ensayo se utilizaron, en la mayoría de los casos, ladrillos equivalentes a medias unidades secas. La carga de compresión fue aplicada de manera perpendicular a la superficie de apoyo. En los casos en que los ladrillos presentaban irregularidades, se nivelaron previamente con pasta de yeso y posteriormente con un recubrimiento de azufre, con el fin de garantizar un contacto uniforme con los platos de la prensa. La prueba se prolongó hasta producir la falla o rotura de la unidad de albañilería.

- **Procedimiento**

La resistencia a la compresión ($f'b$) se obtuvo al relacionar la carga máxima alcanzada en la rotura (P_{max}) con el área bruta (A_b) del ladrillo cuando se trataba de unidades macizas o tubulares, y con el área neta (A) en el caso de ladrillos con huecos o perforados. No obstante, para minimizar posibles discrepancias y permitir la comparación uniforme de

resultados, se consideró de manera estándar el uso del área bruta como divisor.

Para el cálculo de la resistencia a la compresión, se empleó la siguiente fórmula:

$$f'_{b} = \frac{P_{\max}}{A_b}$$

Donde:

f'_{b} = Resistencia a compresión del ladrillo (kg/cm²).

P_{\max} = Carga máxima de rotura aplicada por la máquina (kg).

A_b = Área bruta de la unidad de albañilería (cm²)

4.7 Análisis estadístico

Los resultados experimentales fueron procesados aplicando un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 %. Este procedimiento estadístico permitió identificar si existían diferencias estadísticamente significativas entre alguno de los tratamientos evaluados en el diseño factorial (Hernández et al. 2014).

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1 Resultados

5.1.1 Resultados de las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones

A continuación, se detallan los resultados de las propiedades físicas de los ladrillos ecológicos.

5.1.1.1 Variación dimensional

Los resultados de la variación dimensional (mm) de los ladrillos ecológicos se presentan en el anexo 7.1.

En la Tabla 6 se observa que la variación dimensional disminuye de forma progresiva a medida que aumenta el porcentaje de caucho y PET incorporado. El tratamiento patrón (0 %) presentó las mayores desviaciones en largo, ancho y altura, mientras que con el tratamiento de 6 % estas variaciones se redujeron ligeramente, manteniendo valores positivos y evidenciando que una adición moderada no altera significativamente la estabilidad dimensional del ladrillo. A partir del 12 %, la contracción se vuelve más evidente, especialmente en el ancho, y con el 20 % se registran retracciones tanto en el ancho como en la altura, lo que sugiere que niveles

elevados de aditivos pueden afectar la uniformidad de la pieza. Aun así, todas las variaciones se encuentran dentro de los límites permitidos por la Norma Técnica E.070. En conjunto, los tratamientos 0 %, 6 % y 12 % cumplen adecuadamente con los requisitos para ladrillos Tipo V, mientras que el de 20 % se ajusta mejor a un ladrillo Tipo IV debido a su tendencia a la retracción y a su comportamiento físico asociado.

Tabla 6

Resultados de la variación dimensional (mm) de los ladrillos ecológicos

Tratamiento	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
Patrón (0 %)	0,56	0,05	1,10
T1 (6 %)	0,51	0,03	0,97
T2 (12 %)	0,36	- 0,01	0,66
T3 (20 %)	0,29	- 0,29	- 0,05

Nota: Esta tabla muestra los resultados promedios de la variación dimensional de los diferentes tratamientos aplicados en la elaboración de los ladrillos ecológicos.

5.1.1.2 Densidad

Los resultados de la densidad (g/cm^3) de los ladrillos ecológicos se presentan en el anexo 7.2.

El análisis de varianza correspondiente a la densidad (g/cm^3) de los ladrillos ecológicos, presentado en la Tabla 8, evidencia que los distintos

porcentajes de caucho y tereftalato de polietileno generan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Esto confirma que la variación en los materiales reciclados incorporados influye directamente en la densidad final de los ladrillos ecológicos. Asimismo, con un nivel de confianza del 95 % y un coeficiente de variación del 10,169 %.

Tabla 7

Análisis de varianza de la densidad (g/cm^3) de los ladrillos ecológicos

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Valor-P
Entre grupos	0,778	3	0,259	75,27	0,0000
Intra grupos	0,152	44	0,003		
Total	0,93	47			

CV = 10,169 %

La Tabla 9 muestra los resultados de la prueba de Tukey aplicada a la densidad de los ladrillos ecológicos. Los tratamientos Patrón (0 %) y T1 (6 %) registraron los valores promedios más altos, con $1,617 \text{ g/cm}^3$ y $1,558 \text{ g/cm}^3$, respectivamente, sin presentar diferencias estadísticas entre sí. Esto indica que una adición moderada de caucho y PET no modifica de manera relevante la densidad del material. En cambio, el tratamiento T2 (12 %) presentó un promedio menor de $1,442 \text{ g/cm}^3$, diferenciándose significativamente de los dos primeros tratamientos. Esta reducción se

intensifica en el tratamiento T3 (20 %), que alcanzó la densidad más baja con 1,283 g/cm³, diferenciado se de los demás tratamientos.

Tabla 8

Prueba de Tukey (P < 0,05) aplicada a la densidad (g/cm³) de los ladrillos ecológicos

Tratamiento	N	Media (g/cm³)	Significancia
Patrón (0 %)	12	1,617	a
T1 (6 %)	12	1,558	a
T2 (12 %)	12	1,442	b
T3 (20 %)	12	1,283	c

En la Figura 10 se observa una disminución progresiva de la densidad conforme aumenta el porcentaje de caucho y tereftalato de polietileno. El tratamiento con 20 % de adición presenta la densidad más baja, mientras que el 0 % muestra el valor más alto. Esta tendencia confirma que los residuos incorporados influyen directamente en la reducción de la densidad.

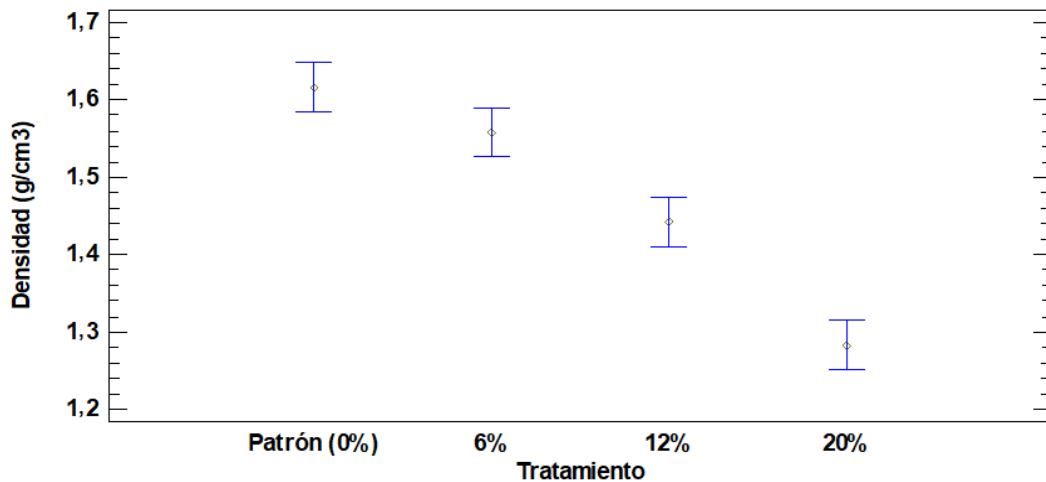


Figura 10

Resultados de la densidad (g/cm³) de los diferentes tratamientos aplicados en los ladrillos ecológicos

5.1.1.3 Alabeo

Los resultados del alabeo (mm) de los ladrillos ecológicos se presentan en el anexo 7.3.

La Tabla 10 evidencia que el alabeo de los ladrillos ecológicos aumenta progresivamente conforme se incrementa la proporción de caucho y PET en la mezcla. El tratamiento patrón (0 %) registró las menores deformaciones, mientras que los tratamientos con mayor contenido de residuos, especialmente el 20 %, mostraron los valores más altos de convexidad y concavidad, alcanzando hasta 1,5 mm en la cara superior. Aunque el tratamiento 6 % presenta variaciones mínimas respecto al

patrón, los tratamientos 12 % y 20 % evidencian un incremento más notorio en las deformaciones.

Según la Norma Técnica E.070, el alabeo máximo permitido es de 2 mm para la Clase V. Todos los valores obtenidos (0,5 – 1,8 mm) se encuentran dentro de este límite, por lo que los cuatro tratamientos cumplen con los requisitos dimensionales. Sin embargo, debido al mayor nivel de deformación, los tratamientos con 12 % y 20 % serían más adecuados para usos no estructurales, mientras que los tratamientos 0 % y 6 % presentan un comportamiento más favorable para aplicaciones de mayor precisión dimensional.

Tabla 9

Resultados del alabeo (mm) de los ladrillos ecológicos

Tratamiento	Media cara superior (mm)			Media cara inferior (mm)		
	Convexidad		Concavidad	Convexidad		Concavidad
	L. Izq.	L. Der.	Centro	L. Izq.	L. Der.	Centro
Patrón (0 %)	1,0	0,8	0,6	1,4	1,3	0,8
T1 (6 %)	1,2	1,1	0,5	1,2	1,2	0,8
T2 (12 %)	1,2	1,1	1,5	1,4	1,8	0,7
T3 (20 %)	1,5	1,4	1,5	1,3	1,3	0,9

Nota: Esta tabla muestra los resultados promedios del alabeo de los diferentes tratamientos aplicados en la elaboración de los ladrillos ecológicos.

5.1.1.4 Absorción

Los resultados de porcentaje de absorción de agua (%) de los ladrillos ecológicos se presentan en el anexo 7.4.

El análisis de varianza del porcentaje de absorción, presentado en la Tabla 12, evidencia efectos significativos tanto del tratamiento como de la edad de los ladrillos. Los tratamientos muestran diferencias altamente significativas ($p < 0,001$), lo que confirma que las distintas proporciones de caucho y PET influyen de manera notable en la absorción de agua de los ladrillos ecológicos. Del mismo modo, la edad de ensayo presenta un efecto significativo ($p = 0,004$), indicando que el comportamiento higroscópico del material se modifica entre los días 8 y 28. Con un nivel de confianza del 95 % y un coeficiente de variación del 32,19 %.

Tabla 10

Análisis de varianza del porcentaje de absorción de agua de los ladrillos ecológico

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Valor-P
A: Tratamiento	252,832	3	84,277	31,36	0,000
B: Edad (días)	27,735	1	27,735	10,32	0,004
Residuos	51,063	19	2,687		
Total	331,63	23			

CV = 32,19 %

En la Tabla 13 se presenta la prueba de Tukey aplicada al porcentaje de absorción, donde se evidencian diferencias marcadas entre los tratamientos y asimismo cumpliendo con lo establecido por la Norma Técnica E.070 Albañilería para ladrillos de concreto. El tratamiento 1 (6 %) obtuvo el promedio más bajo (7,320 %), ubicándose como el nivel de menor absorción. Los tratamientos Patrón (0 %) y 2 (12 %), con valores de 11,865 % y 14,230 %, no mostraron diferencias significativas entre sí, lo que indica que proporciones moderadas de caucho y PET no alteran de forma relevante esta propiedad. En contraste, el tratamiento 3 (20 %) alcanzó la absorción más alta (15,965 %), diferenciándose del tratamiento patrón y evidenciando un incremento notable. En conjunto, los resultados confirman que la absorción aumenta progresivamente a medida que se incrementa el porcentaje de residuos incorporados en la mezcla.

Tabla 11

Prueba de Tukey ($P < 0,05$) del porcentaje de absorción de agua de los ladrillos ecológicos

Tratamiento	N	Media (%)	Significancia
T1 (6 %)	6	7,320	a
Patrón (0 %)	6	11,865	b
T2 (12 %)	6	14,230	b c
T3 (20 %)	6	15,965	c

En la Figura 11 se aprecia un incremento continuo del porcentaje de absorción conforme se eleva la proporción de caucho y PET en la mezcla. El tratamiento con 6 % alcanzó el valor más bajo, mientras que el 20 % registró la absorción más alta, lo que evidencia que mayores contenidos de material reciclado generan una matriz más porosa y, en consecuencia, un mayor ingreso de agua. Esta tendencia confirma que la absorción es sensible al porcentaje de adición y que su variación responde directamente a la modificación de la estructura interna del ladrillo.

Por otro lado, la Figura 12 muestra que la edad influye de manera clara en el comportamiento frente al agua: los ladrillos evaluados a 8 días presentaron mayores niveles de absorción que aquellos ensayados a los 28 días. Ello indica que el proceso de curado mejora la compactación y reduce la permeabilidad, permitiendo que la absorción disminuya conforme avanza el tiempo de fraguado.

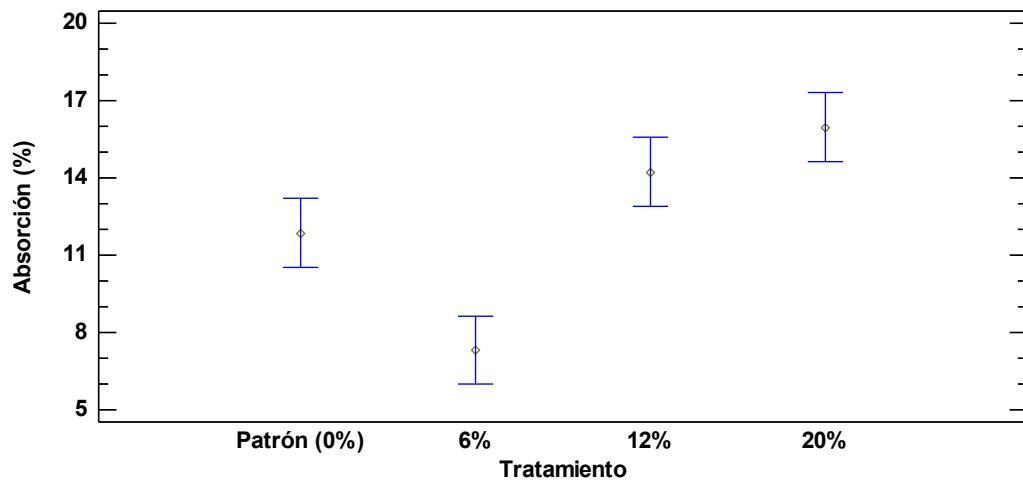


Figura 11

Resultados del porcentaje de absorción de agua de los diferentes tratamientos aplicados en los ladrillos ecológicos.

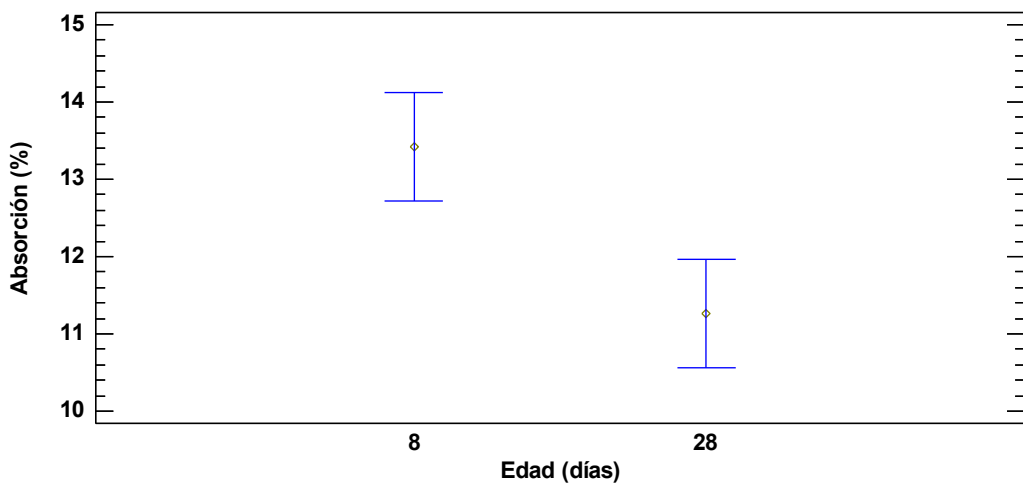


Figura 12

Resultados del porcentaje de absorción de agua a diferentes días de edad de los ladrillos ecológicos

5.1.2 Resultados de las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones

Los resultados de la resistencia a la compresión (kg/cm^2) de los ladrillos ecológicos se presentan en el anexo 7.5.

El análisis de varianza presentado en la Tabla 15 evidencia que el tratamiento tiene un efecto altamente significativo sobre la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos ($p = 0,0001$), lo que indica que la cantidad de caucho y PET incorporada modifica de manera importante el desempeño mecánico del material. En contraste, la edad de ensayo no mostró un efecto estadísticamente significativo ($p = 0,0935$), por lo que el incremento entre los 8 y 28 días no genera variaciones suficientes para diferenciar ambos estados de curado. Con un nivel de confianza del 95 % y un coeficiente de variación del 21,363 %.

Tabla 12

Análisis de varianza para resistencia a la compresión (kg/cm²) de los ladrillos ecológicos

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	Valor-P
A: Tratamiento	7 263,29	3	2 421,10	12,37	0,0001
B: Edad (días)	610,45	1	610,45	3,12	0,0935
Residuos	3 718,86	19	195,73		
Total	11 592,60	23			

CV = 21,363 %

La Tabla 16 evidencia, a partir de la prueba de Tukey, diferencias claras entre los tratamientos evaluados. Los tratamientos Patrón (0 %) y 6 % registraron las mayores resistencias (81,753 y 81,383 kg/cm²), sin diferencias significativas entre sí, lo que indica que una adición moderada de caucho y PET no afecta de forma relevante el desempeño mecánico y además de acuerdo a la NTP E.070 se clasifica como ladrillos de albañilería portante tipo III. En cambio, el tratamiento 12 % mostró una reducción notable (58,558 kg/cm²), diferenciándose estadísticamente de los dos primeros niveles. Esta disminución se vuelve más acentuada en el tratamiento 20 %, que obtuvo la menor resistencia (40,085 kg/cm²), conformando un grupo independiente y confirmando el efecto negativo de porcentajes elevados de residuos. En conjunto, los resultados reflejan una

tendencia descendente de la resistencia a medida que aumenta la proporción de caucho y PET en la mezcla.

Tabla 13

Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para resistencia a la compresión (kg/cm^2) de los ladrillos ecológicos

Tratamiento	N	Media (kg/cm^2)	Significancia
Patrón (0 %)	6	81,753	a
T1 (6 %)	6	81,383	a
T2 (12 %)	6	58,558	b
T3 (20 %)	6	40,085	c

En la Figura 13 se observa que la resistencia a la compresión varía de forma significativa según el porcentaje de caucho y PET incorporado. El tratamiento con 6 % muestra un desempeño mecánico notable, alcanzando $81,383 \text{ kg/cm}^2$, valor muy cercano al del ladrillo patrón ($81,753 \text{ kg/cm}^2$). Esto evidencia que una adición moderada de residuos no afecta de manera negativa la cohesión de la mezcla y permite mantener una resistencia comparable al material convencional. En contraste, el tratamiento con 20 % registra la resistencia más baja ($40,085 \text{ kg/cm}^2$), lo que confirma que mayores proporciones de caucho y PET reducen de forma considerable la capacidad mecánica del ladrillo.

Respecto a la Figura 14, los resultados indican que la edad de los ladrillos ecológicos (8 y 28 días) no genera diferencias estadísticamente significativas en la resistencia, lo que sugiere que la evolución mecánica del material se mantiene estable dentro del rango evaluado. En conjunto, los datos resaltan que el tratamiento del 6 % representa el punto óptimo, al conservar una resistencia elevada sin comprometer la integridad estructural del ladrillo.

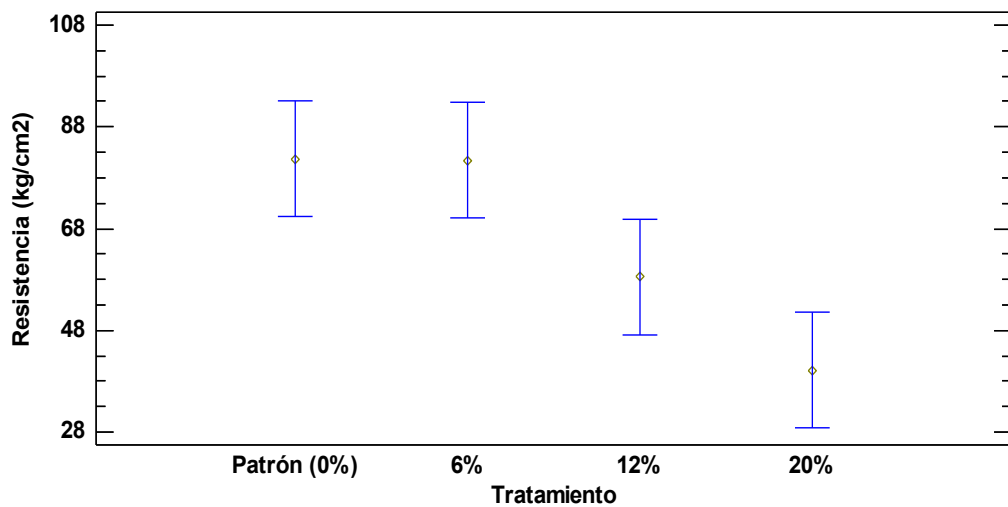


Figura 13

Resultados de la resistencia a la compresión (kg/cm^2) de los diferentes tratamientos aplicados a los ladrillos ecológicos.

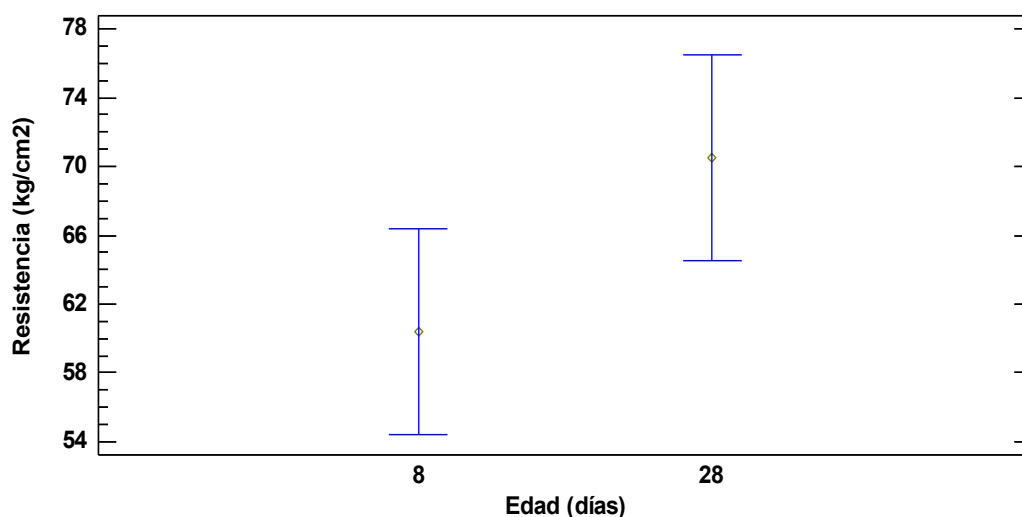


Figura 14

Resultados de la resistencia a la compresión (kg/cm²) a los diferentes días de edad de los ladrillos ecológicos

5.2 Discusión

5.2.1 Discusión del proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos utilizando caucho y tereftalato de polietileno

El desarrollo del proceso productivo permitió establecer una metodología técnica y sostenible para la fabricación de ladrillos ecológicos, incorporando caucho y tereftalato de polietileno (PET) reciclado. Todas las etapas de producción desde la selección y preparación de los residuos hasta el curado final se ejecutaron conforme a las disposiciones de la NTP 399.613:2018 (Ladrillos de concreto – Métodos de ensayo) y la Norma

E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones. El cumplimiento de estos estándares garantizó la uniformidad, resistencia y reproducibilidad de los ladrillos elaborados, confirmando la viabilidad técnica de la propuesta.

Durante la elaboración se identificó que la adecuada trituración y dosificación de los materiales reciclados contribuyó significativamente a la cohesión de la mezcla. Esto coincide con lo planteado por Martínez et al. (2019), quienes sostienen que la preparación y homogeneización de los residuos plásticos es fundamental para mejorar la compactación y estabilidad de los ladrillos ecológicos. Asimismo, la incorporación del PET permitió disminuir la densidad del producto final, lo que representa una ventaja para su manipulación y transporte, sin comprometer sus propiedades mecánicas.

Por otro lado, la adición de caucho reciclado generó un aumento en la flexibilidad y en la absorción de impactos del material, características que refuerzan su desempeño en condiciones estructurales exigentes. Este comportamiento concuerda con lo expuesto por Gómez et al. (2021), quienes comprobaron que el caucho confiere al ladrillo una mejor respuesta frente a esfuerzos compresivos, siempre que la dosificación no supere los límites de sustitución recomendados. A su vez, Sánchez & Ramírez (2020)

demonstraron que el PET reciclado mejora la impermeabilidad del ladrillo, reduciendo la absorción de agua y aumentando su durabilidad.

El proceso establecido no solo cumple con los criterios técnicos de producción, sino que también se enmarca dentro de los principios de economía circular y sostenibilidad ambiental. Según Jiménez & Torres (2022), la reutilización de residuos sólidos no biodegradables en materiales de construcción representa una estrategia eficaz para disminuir el impacto ambiental, reducir el volumen de desechos y fomentar prácticas industriales sostenibles. Por tanto, el aprovechamiento del caucho y el PET como insumos productivos constituye una alternativa responsable frente al uso tradicional de agregados naturales.

5.2.2 Discusión de las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones

Los datos experimentales revelan que conforme aumenta el porcentaje de adición de caucho y tereftalato de polietileno (PET), los ladrillos ecológicos tienden a reducir sus dimensiones en largo, ancho y altura, llegando incluso a manifestar contracción (valores negativos) en los tratamientos de mayor adición. La Norma Técnica de Edificación E.070 – Albañilería estipula tolerancias dimensionales rigurosas, dado que

variaciones excesivas pueden generar juntas de mortero irregulares, distribución no uniforme de cargas y un desempeño estructural deteriorado.

Los tratamientos patrón, 1 y 2 de 0 %, 6 % y 12 % de adición permanecieron dentro de la exigencia establecida por la norma, lo que implica que dichas proporciones pueden resultar seguras para producir unidades de albañilería estructural en edificaciones de albañilería confinada. Por otro lado, el tratamiento 3 con 20 % de adición excede esas tolerancias recomendadas, manifestando deformaciones que podrían comprometer la uniformidad y la integridad estructural de los muros. En consecuencia, este nivel alto de sustitución no sería aconsejable para ladrillos destinados a soportar cargas estructurales exigentes.

Los resultados evidenciados coinciden con los reportados por Aguinaga et al. (2023), quienes en su estudio con unidades ecológicas que incorporan caucho y plástico PET observaron que, al superar cierto porcentaje de material reciclado, las variaciones dimensionales se acentúan, afectando la estabilidad dimensional del ladrillo, aunque niveles moderados logran mantenerse dentro de límites normativos permitidos. Además, investigaciones peruanas recientes han demostrado que mezclas con hasta 10 %-PET y vidrio pueden satisfacer los requisitos de la E.070

en variación dimensional, absorción y deformación, siempre que no se sobrepase ese umbral (Arguedas & Eyzaguirre, 2024).

En relación a la densidad de los ladrillos ecológicos obtenidos, se observó que el tratamiento 3 con un 20 % de adición presentó el valor más bajo, de $1,283 \text{ g/cm}^3$, mientras que el valor más alto, de $1,616 \text{ g/cm}^3$, se registró en el tratamiento 1 de 6 % de adición. Esto evidenció que, a medida que aumentaba el porcentaje de residuos de caucho y PET, la densidad disminuía, y viceversa. Un comportamiento similar fue reportado por Farfán (2019), quien desarrolló ladrillos ecológicos incorporando caucho y PET reciclados en formulaciones de 12, 24 y 36 %, reportando valores de densidad que oscilaron entre $1,31 - 1,88 \text{ g/cm}^3$ (12 %), $1,48 - 1,75 \text{ g/cm}^3$ (24 %) y $1,31 - 1,72 \text{ g/cm}^3$ (36 %), indicando que la densidad disminuía a medida que aumentaba el porcentaje de caucho y PET en la mezcla.

Arriagada et al. (2024) fabricaron ladrillos con caucho triturado al 0, 10 y 20 %, los cuales alcanzaron una densidad promedio de $1,6045 \text{ g/cm}^3$, $1,4924 \text{ g/cm}^3$ y $1,4331 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. De igual manera, Coaquira & Fernández (2024) incorporaron caucho reciclado de neumáticos en la fabricación de ladrillos ecológicos de arcilla, observando que al aumentar el porcentaje de caucho, la densidad disminuía, por lo que los ladrillos con 15% de caucho tuvieron una densidad menor que los de 5 %; a igual que

Gambin et al. (2023) quienes reportaron que la incorporación de grano de caucho reciclado disminuyó la densidad de los ladrillos, especialmente en porcentajes más elevados del residuo.

Mientras tanto Ccalli & Fernández et al. (2024) reportaron una densidad promedio de $0,2571 \text{ g/cm}^3$ en ladrillos ecológicos con material reciclable PET y otros plásticos. Similarmente, Antico et al. (2017) mostraron valores menores de densidad ($0,3967 \text{ g/cm}^3 - 0,4891 \text{ g/cm}^3$) en ladrillos ecológicos a base de botellas PET, papel, cartón, tetrapak y metal. Esto podría sugerir que la adición de caucho mejora las propiedades físicas de los ladrillos en mayor medida que el uso exclusivo de residuos de PET y otros materiales. En ese sentido, Arriagada et al. (2024) reafirman que, a medida aumenta mayor cantidad de caucho a la mezcla con arcilla, la densidad del ladrillo tiende a disminuir, debido a que la densidad del caucho es menor que la arcilla. Por lo tanto, la reducción de peso y densidad en los ladrillos con caucho puede facilitar su transporte, instalación y reducción estructural.

En esta misma línea, Ashraf et al. (2024) también encontraron que la mezcla con residuos plásticos reducía el peso y favorecía la ductilidad de los ladrillos tipo Lego, mientras que Di Marco et al. (2016) concluyeron

que un 20 % de PET representaba la proporción óptima para mantener un equilibrio entre densidad y resistencia.

Los resultados obtenidos de alabeo, se evidencian que, a medida que se eleva el porcentaje de adición de caucho y tereftalato de polietileno (PET), los ladrillos ecológicos presentan una tendencia progresiva al alabeo en sus caras y aristas. Este comportamiento puede explicarse por la heterogeneidad en la mezcla y por la distinta contracción de los materiales reciclados frente al cemento durante el proceso de curado.

La Norma Técnica E.070 Albañilería establece que los ladrillos deben mantener uniformidad dimensional para asegurar una adecuada modulación, continuidad de juntas y correcto aparejo en los muros. Si bien en los resultados se muestra un aumento en el alabeo a mayores porcentajes de sustitución, los valores registrados permanecen dentro de los límites normativos (≤ 2 mm para la categoría más restrictiva), lo que significa que no comprometen de manera significativa la resistencia estructural. Sin embargo, deformaciones superiores a 1,5 mm, como las reportadas en el tratamiento T3 con 20 % de adición, pueden generar inconvenientes en la alineación de los muros, afectar la estética final y demandar mayor cantidad de mortero correctivo.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones recientes. Huiza (2023) reportó que la incorporación de plásticos reciclados en ladrillos de arcilla genera deformaciones visibles en aristas y superficies, las cuales, si bien no siempre superan los rangos normativos, reducen la calidad dimensional exigida para albañilería de alta precisión. De forma complementaria, Vega & Salazar (2024) demostraron que niveles de adición superiores al 15 % de PET incrementan la incidencia de alabeo y microfisuras superficiales, lo que dificulta su uso en muros portantes. Asimismo, López et al. (2025) concluyeron que el control de curado y la proporción de materiales reciclados son determinantes para mitigar la deformación geométrica de unidades de albañilería ecológicas, recomendando mantener proporciones moderadas de adición para cumplir con la Norma E.070 sin comprometer la trabajabilidad del material.

En síntesis, aunque el alabeo observado en los ladrillos ecológicos con 0 %, 6 % y 12 % de adición cumplen con los límites establecidos por la norma, el tratamiento con 20 % muestra una tendencia a sobrepasar las tolerancias recomendadas, lo que restringe su aplicación en albañilería estructural y lo orienta más hacia usos no estructurales o de cerramiento.

Respecto al porcentaje de absorción de agua de los ladrillos ecológicos del presente estudio, se evidencia que el tratamiento 1 con 6%

de residuos presentó el menor valor (7,32 %), mientras que el tratamiento 3 con 20% alcanzó el mayor valor (15,965 %). Esto indica que el aumento de caucho y PET en la mezcla incrementa la absorción de agua, y viceversa. Este comportamiento también fue señalado por Farfán (2019), quien indicó valores de 1,55 % (al 12 y 24 %) y 1,64 % (al 36 %). En la misma línea, Arriagada et al. (2024) reportaron valores promedio de absorción de agua de 18,0 % para ladrillos con 10 % y 20 % de caucho, lo que demuestra que el aumento del residuo de caucho conlleva a un incremento en esta propiedad física.

Similarmente, Coaquira & Fernández (2024) observaron que los ladrillos con 15 % de caucho presentaron una mayor absorción de agua que los de 5 %, y Gambin et al. (2023) encontraron que la absorción de agua en sus ladrillos fue más alta a mayores porcentajes de caucho reciclado. De acuerdo con Arriagada et al. (2024), el límite máximo permitido para absorción de agua en ladrillos artesanales es 22 %, por lo que los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro de este rango. Risco (2018) señala que, si los valores sobrepasan ese valor, la durabilidad y resistencia estructural de los ladrillos disminuyen, lo que dificulta la obtención de uniones adecuadas con el mortero para la construcción.

En concordancia, Oke & Abuel (2025) encontraron absorciones entre 7 % y 12 % en sus ladrillos con caucho y adiciones minerales, reforzando que la presencia de estos residuos aumenta la absorción, pero sin exceder los límites normativos. En contraste, Brushaiah et al. (2019) reportaron un 0 % de absorción en ladrillos de arena y plástico fundido, lo que demuestra cómo la técnica de incorporación influye directamente en la permeabilidad del material.

5.2.3 Discusión de las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones

Por otro lado, la mayor resistencia a la compresión se obtuvo con la adición de un 3 % de caucho y un 3 % de PET (81,383 kg/cm²), superando considerablemente el valor mínimo requerido por la Norma Técnica E.070 para ladrillos de albañilería portante (50 kg/cm²). Sin embargo, a medida que aumentaba la proporción de caucho y PET, la resistencia tendía a disminuir. Este mismo comportamiento fue observado en el estudio de Farfán (2019), mostrando resultados de resistencia a la compresión de 174,71 kg/cm² (al 12 % de caucho y PET), 134,02 kg/cm² (al 24 %) y 97,93 kg/cm² (al 36 %). Asimismo, Arriagada et al. (2024) informó valores con similar comportamiento tras la adición de caucho en ladrillos ecológicos, siendo estos 44,764 kg/cm² (al 10 %) y 37,596 kg/cm² (20 %), al igual que

Coaquira & Fernández (2024), quienes reportaron que elevados porcentajes de caucho reciclado disminuían la resistencia a la compresión de los ladrillos.

En relación al uso exclusivo de plástico, Risco (2018) reportó valores bajos de resistencia en ladrillos a base de PET y PVC, siendo 25,79 kg/cm² al 7 %. Asimismo, Gordillo (2020) adicionó PET reciclado en porcentajes de 5 %, 10 % y 15 %, observando una disminución progresiva en la resistencia a la compresión de los ladrillos conforme aumentaba el contenido de PET. Esto resalta una relación inversa entre el porcentaje de PET y la cohesión estructural del ladrillo. Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos en el presente estudio indican ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, adecuados para emplearse en construcciones expuestas al intemperismo, según lo mencionado por Farfán (2019).

Además, Arriagada et al. (2024) resalta que la incorporación de grandes proporciones de caucho puede incrementar la porosidad del ladrillo, lo que reduce la resistencia a la compresión y lo vuelve más frágil. La incorporación de altos porcentajes de PET también puede debilitar la estructura interna del ladrillo, posiblemente debido a una menor cohesión entre los materiales o a un incremento en la porosidad. Por ello, su adición debe ser controlada y en dosis moderadas para evitar afectar

negativamente sus propiedades mecánicas. Adicionalmente, Risco (2018) menciona que, una mayor resistencia a la compresión asegura una mejor calidad del ladrillo para fines estructurales y de exposición; por el contrario, una menor resistencia conlleva a una baja calidad y durabilidad del ladrillo.

En esta misma línea, Atencio (2025) evidenció que la resistencia disminuía progresivamente al aumentar PET y caucho reciclado, siendo la formulación con 12 % la que obtuvo el mejor desempeño. Por su parte, Merino & Rosado (2022) encontraron que un 20 % de PET era el punto óptimo para lograr resistencia suficiente en eco-ladrillos, mientras que Vargas & Meza (2025) demostraron que el PET extruido sin aditivos puede incluso superar los valores convencionales de resistencia. Asimismo, Pardo & Paredes (2023) aportaron una visión complementaria al señalar que la adición de caucho reciclado en un 5 % mejoraba la resistencia frente a esfuerzos horizontales en zonas sísmicas, lo que evidencia que, además de la compresión, también debe considerarse el comportamiento dinámico de los ladrillos.

En suma, la similitud entre todos estos hallazgos confirma que el uso de caucho y PET afecta de manera consistente las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos, haciéndolos más ligeros, con mayor absorción de agua y menor resistencia cuando se incrementan en exceso los

porcentajes de sustitución. No obstante, distintos estudios demuestran que, con una dosificación adecuada y un proceso de fabricación controlado, estos materiales reciclados pueden generar ladrillos que cumplen las normas técnicas y aportan beneficios ambientales, económicos y constructivos, consolidándose como una elección viable dentro de la economía circular y la construcción sostenible.

CONCLUSIONES

Se elaboraron ladrillos ecológicos mediante el aprovechamiento de residuos de caucho y tereftalato de polietileno. La elaboración fue realizada aplicando tres tratamientos con incorporaciones del 6 %, 12 % y 20 % de caucho y tereftalato de polietileno, además de un tratamiento control sin la adición de estos residuos, permitiendo comparar su desempeño.

Se estableció un proceso de elaboración basado en la normativa nacional (NTP 399.613 y E.070), que comprendió la preparación de moldes, la dosificación de materiales (caucho, PET, cemento HS, arena y agua), el moldeo, el secado al ambiente y el curado. Dicho procedimiento garantizó la producción de ladrillos homogéneos y reproducibles.

Se determinaron las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones, se evidenció que la densidad aumentó progresivamente con el incremento de la adición de residuos, alcanzando un máximo de 1,616 y 1,558 g/cm³ en el tratamiento patrón y 1. La absorción de agua fue más favorable en el tratamiento 1, registrando un valor de 7,32 % que cumple con los límites normativos y favorece la durabilidad. Asimismo, los valores de alabeo y variación dimensional se mantuvieron dentro de los rangos permitidos, garantizando la estabilidad geométrica de los ladrillos. Con

base en estos resultados, el tratamiento 1 de adición de caucho y PET presenta el mejor equilibrio de propiedades físicas, siendo recomendable para la producción de ladrillos de albañilería portante (Tipo V, según la E.070), adecuados para muros portantes en edificaciones.

Se determinaron las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones, se evidenció que el tratamiento 1 alcanzó la mayor resistencia a la compresión ($81,383 \text{ kg/cm}^2$), clasificándose como ladrillo de albañilería portante Tipo III, adecuado para edificaciones de exigencia media. El tratamiento 2 registró resistencias de $58,558 \text{ kg/cm}^2$, ubicándose en la categoría de ladrillo portante Tipo II, recomendado para construcciones de menor demanda estructural. El ladrillo patrón (0 %) presentó un comportamiento similar al tratamiento 1, alcanzando también la categoría Tipo III. En síntesis, el tratamiento más óptimo fue el de 6 % de adición de caucho y PET, al ofrecer el mejor equilibrio entre resistencia mecánica y viabilidad constructiva, garantizando su uso como ladrillo portante de calidad intermedia.

RECOMENDACIONES

Analizar el ciclo de vida (ACV) para medir la huella de carbono y el efecto en el medio ambiente de los ladrillos ecológicos.

Analizar la factibilidad financiera y ambiental de la ampliación industrial del proceso de fabricación del ladrillo ecológico a partir de caucho y tereftalato de polietileno.

Examinar la adecuación de los ladrillos ecológicos a diversos sistemas de construcción, así como a climas extremos o en circunstancias particulares de humedad y temperatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguinaga, D. L., López, J. M., Medina, A. R., & Torres, F. P. (2023). Análisis de ladrillos ecológicos con caucho y PET: variación dimensional conforme al estándar E.070. *Revista de Materiales y Construcción*, 28(3), 145-162.
- Arguedas, J., & Eyzaguirre, C. (2024). Analysis of the technical feasibility of ecological bricks based on PET plastic and bottle glass for the reduction of solid waste pollution in a metropolis. *E3S Web of Conferences*, 514, 02001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451402001>
- Arriagada, G.; Avila, J.; & Figueroa, J. (2024). Influencia en las Propiedades Mecánicas de Ladrillos Artesanales al Incorporar Caucho Triturado en la Fabricación. *RIMI – Revista de Investigación Multidisciplinaria Iberoamericana*, 4. <https://doi.org/10.69850/rimi.vi4.112>
- Ampuero, A., & Romero, P. (2020). Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para Construcción: Una Revisión. [tesis de bachiller]. Universidad Peruana Unión. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3740>

Antico, F.; Wiener, M.; Araya, G.; & Gonzalez, R. (2017). Ecoladrillos: un sustituto sostenible de los materiales de construcción. *Revista de la Construcción*, 16(3), 518–526.
<https://doi.org/10.7764/RDLC.16.3.518>

Angumba Aguilar, P. J. (2016). Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca.
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25297>

Ashraf, N., El-Monayeri, O. D., & Hassan, H. A. (2024). Fabricación de ladrillos tipo Lego a partir de residuos reciclados de polietileno (PE) y tereftalato de polietileno (PET) en Egipto. *Sustainability*, 16(19), 8567. <https://doi.org/10.3390/su16198567>

Atencio Layme, C. Y. (2025). Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de caucho reciclado de NFU y tereftalato de polietileno (PET). *Sciencevolution*, 4(2), 210-222.
<https://doi.org/10.61325/ser.v4i2.195>

Azul Planeta (2020) Contaminación ambiental con poca prensa.

<https://www.masazulplaneta.com.ar/2020/07/24/caucho-y-neumaticos/#:~:text=Su%20degradaci%C3%B3n%20por%20el%20uso,Iluvia%20a%20r%C3%ADos%20y%20mares>

Beer, Ferdinand (2001) *Mecánica de Materiales* 2ed. Colombia; Mc Graw Gill.112.

Bhushaiah, R., Mohammad, S., & Rao, S. (2019). Study of Plastic Bricks Made From Waste Plastic. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(4), 6. <https://www.irjet.net/archives/V6/i4/IRJET- V6I4238.pdf>

Cabrera, L., & Cerdero, S. (2021). Influencia del caucho reciclado en la resistencia a la compresión y absorción de la unidad de Albañilería - Andabamba 2019. [tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Hemilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6578>

Caser, (2023) Producción de ladrillos se redujo 6,8% a septiembre 2022. <https://alertaeconomica.com/produccion-de-ladrillos-se-reduce-en-68-a-setiembre-de-2022/>

Ccalli, L.; & Fernandez, J. (2024). *Caracterización del ladrillo ecológico con material reciclable PET y plástico para construcción sostenible en*

distrito de Amantani, Puno, 2022. [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/14750>

Chediek, J. S. R., & Mullenoro, T. (2023). La contaminación por plásticos en el mar: notas sobre la regulación jurídica internacional, europea y española. *Revista de Derecho (Universidad Católica Dámaso A. Larrañaga, Facultad de Derecho)*, (28). <https://doi.org/10.22235/rd28.3079>

Chino, L. & Mathios, A. (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. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ucayali]. https://scholar.google.es/scholar?as_ylo=2020&q=ladrillos+ecol%C3%B3gicos+&hl=es&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1707765794682&u=%23p%3Dk1m2q6MhNtoJ

Coaquira Blas, C., & Fernández Athó, M. O. (2024). *Influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos ecológicos para mampostería, Abancay, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Abancay, Apurímac, Perú.

Ctibor, E. (2021) La evolución de la industria del ladrillo. Recuperado de:
<https://www.ambito.com/economia/viviendas/la-evolucion-la-industria-del-ladrillo-n5334760/amp>

Cui, H., Peng, H., Yang, W., Yang, H., Zhang, C., & Zheng, D. (2024). *Effect of thermal cycles and curing age on bonding strength of cement mortar using manufactured sand*. *Buildings*, 14(3), 783.
<https://www.mdpi.com/2075-5309/14/3/783>

Di Marco, R., León, H., & Almeida, J. (2016). Diseño y elaboración de ladrillos con adición de PET (material reciclado), para núcleos rurales del socorro. *RevistaEl Centauro*, 11(8), 9-24.
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/centauro/article/view/2448/1891>

Farfan, J. (2019). *Uso de caucho reciclado y tereftalato de polietileno (PET), para la elaboración de ladrillos ecológicos a nivel artesanal en el distrito de Chorrillos* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/42438>

Fariño, K. (2022) Análisis del impacto ambiental causado por fabricación, uso y disposición final de neumáticos, con propuesta de reciclaje en bloques de hormigón. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23599/1/UPS-GT003983.pdf>

Fuentes Gaete, A. M. (2021). *Evaluación de factibilidad estratégica, técnica y económica de elaborar un plan de comercialización de gránulo de caucho proveniente del reciclaje de neumáticos en la Región Metropolitana* (Tesis de maestría, Universidad de Chile).
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/183988>

Gambin, J.; Bautista, T.; Torrado, L.; Serrano, M.; & Pérez, D. (2023). Ecoladrillos: Alternativa para aprovechamiento de arcilla y grano de caucho reciclado. *Revista Inquietud Empresarial*, 23(1), 1-17.
<https://doi.org/10.19053/01211048.15699>

Grijalva, L. & Narváez, H. (2019). Elaboración de curvas de fragilidad para ensayos experimentales realizados sobre mamposterías de bloques de concreto y ladrillos en Quito. [Tesis de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19992/1/CD-9351.pdf>

Gómez, R., Ramírez, J., & Ortega, L. (2021). *Influencia del caucho reciclado en las propiedades mecánicas de ladrillos ecológicos*. *Revista Ingeniería y Ambiente*, 14(2), 45–54.
<https://doi.org/10.1234/ria.v14i2.2021>

Gordillo Monteza, C. (2020). *Evaluación de la resistencia a compresión de ladrillos ecológicos con aplicación de tereftalato de polietileno*,

Moyobamba, 2020 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
Moyobamba, Perú.

Gutiérrez, L. (2021). Influencia del tereftalato de polietileno reciclado en la subrasante de la carretera tramo Pucaloma- Maukallaqta, Ayacucho- 2021. [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo].
https://scholar.google.es/scholar?as_ylo=2020&q=tereftalato+de+polietileno&hl=es&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1707763801061&u=%23p%3Dc3e9uB8PvRYJ

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista-Lucio, P. (2014). Selección de la muestra. En Metodología de la Investigación. 6ª ed. México: McGraw-Hill: 170-191

Hernández, R. & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Gill Interamericana editores S.A de C.V.
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf

Hornbostel (1999), Caled Materiales para construcción. Tipos usos y aplicaciones. 1ed México: Limusa, 421.

Huiza, M. (2023). Influencia del tereftalato de polietileno reciclado en propiedades físicas y mecánicas de albañilería confinada con ladrillo artesanal de arcilla, Huancayo 2022. [tesis de licenciatura]. Universidad Nacional del Centro del Perú.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/10015>

Izurieta, J., & Rodríguez, A. (2018). Elaboración de un adoquín para revestimiento de camineras, a partir del plástico PET 1 y el caucho reciclado. [tesis de licenciatura]. Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil.
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2507>

Jiménez, P., & Torres, C. (2022). *Economía circular aplicada a materiales de construcción con residuos plásticos*. Revista de Ciencia y Tecnología Ambiental, 18(1), 23–32.
<https://doi.org/10.5678/rcta.v18i1.2022>

López, P., Andrade, G., & Torres, F. (2025). Variabilidad dimensional y durabilidad de unidades de mampostería ecológica con adiciones de residuos poliméricos. Construcción y Materiales de Edificación, 420, 134278. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.134278>

Llanos, R. & Medrano, G. (2022). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo artesanal con agregado natural que contiene partículas de hierro.

Mayta, A. (2021) Diagnóstico del impacto del reciclaje de plásticos y botellas PET en el distrito de Yanahuara. [Tesis de Maestría]. Recuperado de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e501769b-66ac-4ddb-96a7-febf95484c19/content#:~:text=El%20consumo%20de%20productos%20envasados,en%20una%20disposici%C3%B3n%20final%20inadecuada>

Martínez, J. & Calambas, Y. (2020). Propuesta de mejora para optimizar el proceso de elaboración de ladrillo en la microempresa buena vista Ubicada en el corregimiento el zarzal (tambo). [Tesis de titulación, Universidad de Popayan]. <http://univida.fup.edu.co/repositorio/files/original/bb026658d0ce885a329fe112adee4599.pdf>

Martínez, L., López, F., & Herrera, M. (2019). *Elaboración de ladrillos ecológicos a base de plástico reciclado y su comportamiento físico-mecánico*. Revista Materiales Sostenibles, 7(3), 58–67. <https://doi.org/10.1016/rms.v7i3.2019>

Mercedez, Z. & Zabaleta, R. (2020) Consumo y huella ambiental del caucho natural en el mercado peruano. Recuperado de:
<http://blog.pucp.edu.pe/blog/gemrapucp/2020/12/06/consumo-y-huella-ambiental-del-caucho-natural-en-el-mercado-peruano/>

Merino, M., & Rosado, P. (2022). Prototipo de Eco-Ladrillo Usando Tereftalato de Polietileno Reciclado, Distrito de Castilla, Departamento de Piura, 2022. [tesis de licenciatura]. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88971>

Ministerio del Ambiente del Perú. (2021). *Estrategia Nacional para Reducir el Uso del Plástico de un Solo Uso y Promover el Reciclaje en el Perú*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/campa%C3%B1as/26-menos-plastico-mas-vida>

Ministerio del Ambiente del Perú (2024). *Régimen Especial de Neumáticos Fuera de Uso (NFU)*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2452205-regimen-especial-de-neumaticos-fuera-de-uso-nfu>

Muñoz, S., Vidaurre, J., Asemjo, J. & Gavidia, R. (2021). Uso del caucho de neumáticos triturados y aplicados al concreto: una revisión literaria. *Revista de Investigación Talentos* 8 (1), 36-51, 2021.

https://scholar.google.es/scholar?as_ylo=2020&q=caucho+&hl=es&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1707764440933&u=%23p%3DZ_NF16NpOGEJ

Oke, J. A., & Abuel-Naga, H. (2025). Propiedades de ingeniería y durabilidad de ladrillos sostenibles que incorporan polvo de horno de cal, escoria granulada de alto horno molida y desechos de caucho de neumáticos. *Buildings*, 15(12), 2079. <https://doi.org/10.3390/buildings15122079>

ONU (2021) Informe de ONU sobre contaminación de plásticos. Recuperado de: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>

Pachas, (2023) Perú: menos de 10 empresas reciclan neumáticos fuera de uso. *La República*. Recuperado de: <https://especial.larepublica.pe/la-republica-sostenible/2023/09/27/peru-menos-de-diez-empresas-reciclan-neumaticos-fuera-de-uso-2632743>

Palomino, C. (2022) Contaminación por micro plásticos, un problema invisible. Recuperado de: <https://blogs.usil.edu.pe/sostenibilidad/contaminacion-por-microplasticos-un-problema-invisible>

Pardo Alfaro, M. B., & Paredes Castillo, N. A. (2023). *Diseño y análisis de ladrillo con incorporación de caucho reciclado para aumentar la resistencia a esfuerzos horizontales en zona sísmicas, Trujillo 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/126791>

Pérez, J. (2020). Biodegradación de tereftalato de polietileno: microorganismos, enzimas y perspectivas futuras. [Tesis de titulación, Universidad de la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/20671/Biodegradacion%20de%20tereftalato%20de%20polietileno%20microorganismos,%20enzimas%20y%20perspectivas%20futuras.pdf?sequence=1>

Ríos, R. & Torres, S. (2021). Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla fabricado en la ciudad de Yurimaguas. [Tesis de titulación]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1842/R%C3%8DOS%20MARCHAN%20RENZO%20SAMIR%20Y%20%20TORRES%20OCM%C3%8DN%20SEGUNDO%20RA%C3%9AL%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Risco, P. (2018). Propiedades físico mecánico de ladrillos fabricados con residuos plásticos y material agregado, Chiclayo [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/29130>

Salazar Maco, E. H., Ochoa Vigo, J. J., Vireira Flores, J. J., & Trigoso Saavedra, L. M. (2023). *Modelo ProLab: Reducción de la Contaminación por Residuos Plásticos Mediante su Aprovechamiento para Producción de Combustibles en Iquitos y Pucallpa* (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú). <http://hdl.handle.net/20.500.12404/27333>

Sánchez, D., & Ramírez, E. (2020). *Evaluación de la absorción de agua en ladrillos con adición de tereftalato de polietileno reciclado*. *Revista de Ingeniería Civil*, 10(2), 71–79. <https://doi.org/10.9876/ric.v10i2.2020>

Torres, S. (2021). Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla fabricado en la ciudad de Iquitos. [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1182/SEGUNDO%20RA%C3%9A L%20TORRES%20OCM%C3%8DN%20-%20TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vargas Febres, C. G., & Meza del Castillo, Y. (2025). Ladrillos hechos de plástico reciclado para mejorar la infraestructura de viviendas rurales en Cusco, Perú. *Agroindustrial Science*, 6(2), 1080. <https://doi.org/10.25127/agropos.20252.1080>

Vega, M., & Salazar, D. (2024). Influence of PET content on the geometric stability and cracking behavior of eco-friendly bricks. *Journal of Sustainable Construction Materials*, 9(1), 77-91. <https://doi.org/10.5678/jscm.2024.91>

Yang, Z., Zhang, Q., Shi, W., Lv, J., Lu, Z. & Ling, X. (2020). Avances en las propiedades del suelo reforzado con caucho", Avances en ingeniería civil, artículo ID 6629757, 16 páginas, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6629757>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Título: Aprovechamiento de residuos de caucho y tereftalato de polietileno para la elaboración de ladrillos ecológicos

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	variables	Tipo de investigación:
¿Cuál es la proporción óptima de caucho y tereftalato de polietileno para la elaboración de ladrillos ecológicos?	Elaborar ladrillos ecológicos mediante el aprovechamiento de residuos de caucho y tereftalato de polietileno.	Si se logra establecer la proporción óptima de caucho y tereftalato de polietileno se podrán elaborar ladrillos ecológicos.	Independientes X₁: Cantidad de caucho X₂: Cantidad de tereftalato de polietileno Dependiente Y₁: Ladrillos ecológicos	Aplicada Nivel de investigación: Explicativo Población: Lebrillos ecológicos Muestra: 36 ladrillos ecológicos.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Indicadores	Técnicas e instrumentos
¿Si logramos establecer el proceso productivo utilizando caucho y tereftalato de polietileno se obtendrán ladrillos ecológicos?	Establecer el proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos utilizando caucho y tereftalato de polietileno.	Si logramos establecer el proceso productivo utilizando caucho y tereftalato de polietileno se obtendrán ladrillos ecológicos.	Porcentaje de caucho y tereftalato de polietileno	Reglamento nacional de edificaciones E-0.70 del RNE para establecer el proceso de elaboración de ladrillos.
¿Aplicando caucho y tereftalato de polietileno en proporciones óptimas se logrará obtener ladrillos con propiedades físicas apropiadas?	Determinar las propiedades físicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones.	Empleando caucho y tereftalato de polietileno en proporciones óptimas se logrará obtener ladrillos con propiedades físicas apropiadas.	Propiedades físicas - Dimensiones - Variación dimensional - Densidad - Volumen - Alabeo - Absorción	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería NTP 399.613 y Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto NTP 399.604.
¿Aplicando caucho y tereftalato de polietileno en proporciones óptimas se logrará obtener ladrillos con propiedades mecánicas apropiadas?	Determinar las propiedades mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con caucho y tereftalato de polietileno en diferentes proporciones.	Empleando caucho y tereftalato de polietileno en proporciones óptimas se logrará obtener ladrillos con propiedades mecánicas apropiadas.	Propiedades mecánicas - Resistencia a la Compresión	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería NTP 399.613 y Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto NTP 399.604.

Anexo 2

Panel fotográfico del ensayo para la determinación del diseño de la mezcla de concreto

Fotografía 1. Proceso para determinación de diseño de mezcla



Nota: a) y b) Peso unitario de arena, c) Granulometría, d) Humedad Natural, e) y f) Peso específico de los materiales.

Anexo 3

Resultados del ensayo de diseño de la mezcla de concreto



TECOSUR
TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 210 Kg/cm² (ACI PRC-211.1)

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ECOLOGICOS
UBICACIÓN : DISTRITO DE C.G.A.L., PROVINCIA DE TACNA, DEPARTAMENTO DE TACNA.
SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO
MUESTRA : AGREGADOS PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : TACNA, OCTUBRE DEL 2024

Datos adicionales: - Material N°1: Agregado Grueso
Datos del muestreo: Realizada por el solicitante Material N°2: Agregado fino

Propiedades físicas de los agregados			
Propiedades	Ag. Grueso	Ag. Fino	Norma
Tamaño máximo	3/4"	N°4	NTP 400.012
Tamaño máximo nominal	1/2"	N°4	
Modulo de finieza	-	2.78	NTP 339.185
Contenido de Humedad (%)	0.5	1.0	
Peso Unitario Compactado (g/cm ³)	1.51	1.85	NTP 400.017
Peso Unitario Suelto (g/cm ³)	1.31	1.68	
Peso específico (g/cc)	2.66	2.64	NTP 400.022
Absorción (%)	0.5	1.4	NTP 400.021

Agua para concreto

(NTP 339.088)

Tipo de agua: Potable
Peso Especifico (g/cm³): 1.00

Cemento

(NTP 334.009 - NTP 334.090 - NTP 334.082)
Tipo de cemento: YURA HS
Peso Especifico (g/cm³): 2.80
Efectividad (%): 100.00

Aditivos (ASTM C494)

Aditivo 1: -
Densidad (g/cm³): - Densidad (g/cm³): - Densidad (g/cm³): -
Dosisificación (%): - Dosisificación (%): - Dosisificación (%): -
Reduce agua (%): -

PARAMETROS PARA DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

F'c (kg/cm ²):	210	Aire:	2.00	Relacion Agua/Cemento:	0.55
Slump:	3" @ 4"	Agua:	205	Vol. Agregado grueso:	0.60

VOLUMEN Y PESO DE LOS MATERIALES

Materiales	Volumen absoluto (Seco) (m ³)	Peso absoluto (Seco) (kg)	Corrección por humedad (m ³)	Corrección por absorción (m ³)	Correc. Humedad - absorción (m ³)
Agregado Grueso:	0.34	899.96	904.46	0.00	0.00
Agregado Fino:	0.30	800.10	808.10	0.00	-3.23
Cemento:	0.13	374.09	-	-	-
Agua:	0.21	205.00	-	-	-
Aire:	0.02	-	-	-	-

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Materiales	1 m ³		1 Bolsa de cemento	
	Peso (kg)	Dosisificación	Peso (kg)	Dosisificación (pie3)
Agregado Grueso	904.46	52.81%	102.76	2.42
Agregado Fino	808.10	47.19%	91.81	2.16
Cemento Tipo YURA H	374.09	8.8 Bols	42.50	1 Bols
Agua	208.23	208.23 Lts	23.66	23.66 Lts

ADITIVOS

Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
SECRETARÍA DE SUR DE CONCRETOS Y PAVIMENTOS



JOSE VARGAS CHACORA
INGENIERO CIVIL
CIP: 12241

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: tecosur TACNA

Anexo 4

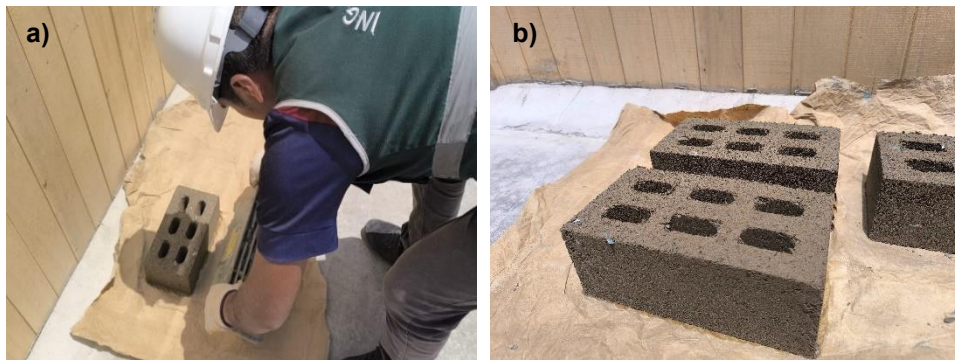
Panel fotográfico del proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos

Fotografía 2. Preparación de material, dosificación y mezclado



Nota: a) Preparación de materiales, b) Dosificación de materiales, c) y d) Mezclado de materiales y adición de agua, e) Llenado de mezcla en el molde y f) Preparado para moldeado.

Fotografía 3. Desmoldeado del ladrillo ecológico



Nota: a) Desmoldeo de ladrillo y b) Distribución del moldeo de ladrillo.

Anexo 5

Panel fotográfico del secado y curado del ladrillo

Fotografía 4. Curado del ladrillo ecológico durante 8 y 28 días

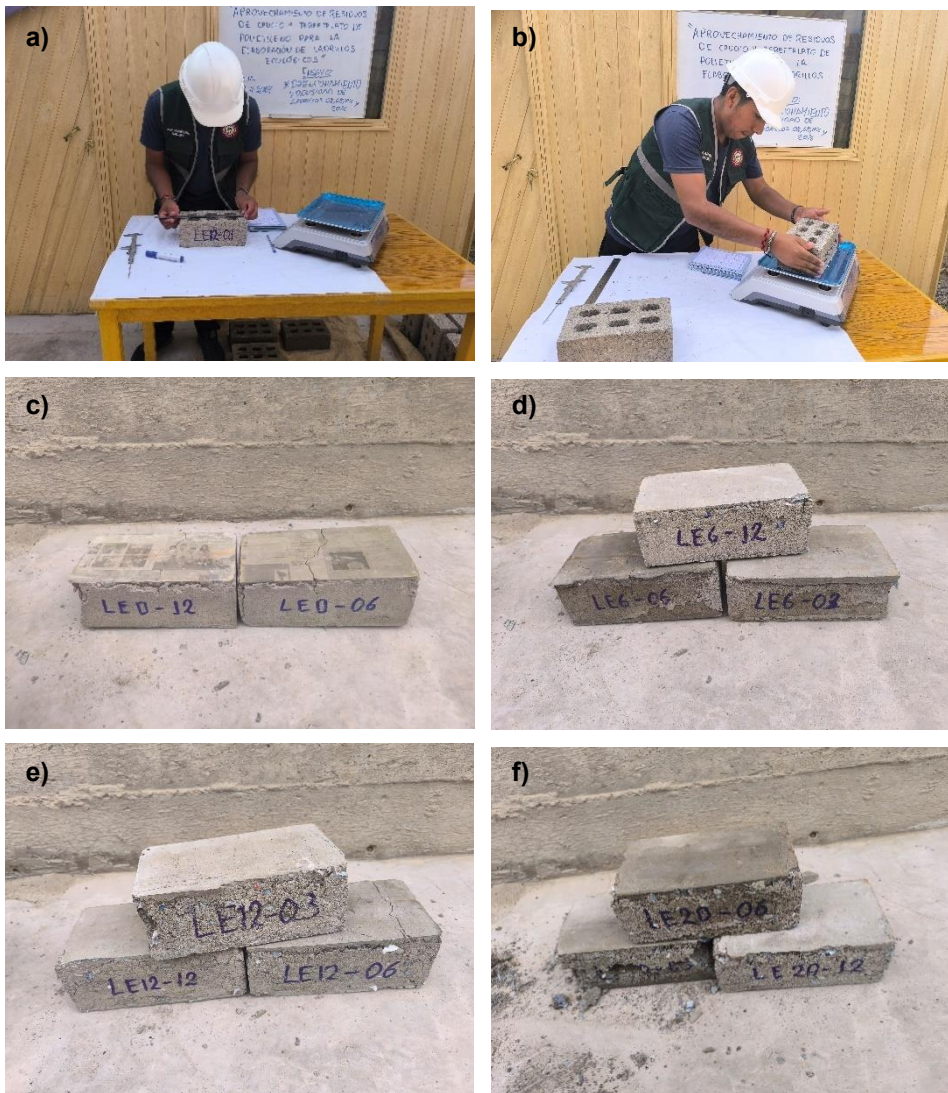


Nota: a) Curado y secado a la intemperie y b) Tapado del ladrillo después del curado.

Anexo 6

Panel fotográfico de la evaluación para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo

Fotografía 5. Evaluación de ladrillos ecológicos



Nota: a) Medición de dimensiones, b) Pesaje de ladrillo, c) Resultado de resistencia de la compresión de patrón, d) 6 %, e) 12 % y f) 20 %.

Anexo 7

Resultados de ensayos en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo

Anexo 7.1 Resultados de la variación dimensional de los ladrillos ecológicos

Ladrillo Ecológico al 0 % (Patrón)			
N° de repeticiones	Variación dimensional (mm)		
	Largo	Ancho	Largo
LE0-01	238.875	124.875	87.750
LE0-02	238.375	124.750	88.625
LE0-03	238.875	124.750	89.125
LE0-04	238.625	125.000	88.625
LE0-05	238.750	125.000	89.625
LE0-06	238.125	125.000	88.500
LE0-07	238.750	124.875	89.375
LE0-08	238.500	125.000	89.250
LE0-09	238.125	125.000	89.250
LE0-10	238.625	125.000	89.000
LE0-11	239.000	125.000	89.250
LE0-12	239.125	125.000	89.750
Promedio	238.602	124.932	88.943

Ladrillo Ecológico al 6 % (Tratamiento 1)

N° de repeticiones	Variación dimensional (mm)		
	Largo	Ancho	Largo
LE6-01	239.125	124.875	89.375
LE6-02	238.750	125.000	88.875
LE6-03	238.375	125.000	89.375
LE6-04	238.750	125.000	88.875
LE6-05	238.875	124.500	88.750
LE6-06	238.625	125.000	88.625
LE6-07	238.500	124.875	88.000
LE6-08	239.125	125.000	88.500
LE6-09	238.750	125.000	89.000
LE6-10	238.500	124.875	88.500
LE6-11	238.625	124.875	89.875
LE6-12	239.250	124.750	88.625
Promedio	238.727	124.909	88.886

Ladrillo Ecológico al 12 % (Tratamiento 2)

N° de repeticiones	Variación dimensional (mm)		
	Largo	Ancho	Largo
LE12-01	238.625	125.000	88.625
LE12-02	238.875	125.000	88.500
LE12-03	238.875	125.000	89.500
LE12-04	239.500	125.000	89.750
LE12-05	239.000	124.875	89.000
LE12-06	239.500	125.000	89.750
LE12-07	239.000	125.000	89.750
LE12-08	239.625	125.000	89.625
LE12-09	238.875	125.125	89.750
LE12-10	239.375	125.000	89.500
LE12-11	239.125	125.125	89.500
LE12-12	239.375	125.000	89.625
Promedio	239.125	125.011	89.386

Ladrillo Ecológico al 20 % (Tratamiento 3)

N° de repeticiones	Variación dimensional (mm)		
	Largo	Ancho	Largo
LE20-01	239.625	125.125	89.875
LE20-02	239.625	125.250	89.750
LE20-03	239.125	125.125	89.500
LE20-04	239.375	125.125	89.875
LE20-05	239.250	125.375	90.250
LE20-06	238.875	125.500	90.000
LE20-07	239.375	126.000	90.000
LE20-08	240.000	125.250	90.000
LE20-09	238.625	125.375	90.125
LE20-10	239.750	125.625	91.125
LE20-11	239.000	125.625	90.000
LE20-12	239.000	125.000	90.000
Promedio	239.330	125.398	90.045

Anexo 7.2 Resultados del alabeo de los ladrillos ecológicos

Ladrillo Ecológico al 0 % (Patrón)						
N° de repeticiones	Media cara superior (mm)			Media cara inferior (mm)		
	Convexidad	Concavidad		Convexidad	Concavidad	
	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Centro	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Centro
LE0-01	1.10	0.90	0.00	0.00	0.00	0.30
LE0-02	0.80	0.95	0.00	0.00	0.00	3.50
LE0-03	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.80
LE0-04	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	1.30
LE0-05	0.00	0.00	0.60	1.25	1.10	0.00
LE0-06	1.50	1.00	0.00	1.80	2.00	0.00
LE0-07	0.80	0.90	0.00	0.00	0.00	0.20
LE0-08	0.70	0.30	0.00	0.00	0.00	0.10
LE0-09	1.25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50
LE0-10	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.30
LE0-11	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.40
LE0-12	0.00	0.00	0.70	1.20	0.80	0.00
Promedio	0.51	0.42	0.32	0.35	0.33	0.62

Ladrillo Ecológico al 6 % (Tratamiento 1)						
N° de repeticiones	Media cara superior (mm)			Media cara inferior (mm)		
	Convexidad	Concavidad		Convexidad	Concavidad	
	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Centro	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Centro
LE6-01	1.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.50
LE6-02	0.00	0.00	0.20	1.10	1.30	0.00
LE6-03	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.30
LE6-04	0.50	0.70	0.00	0.00	0.00	0.80
LE6-05	1.80	1.20	0.00	0.80	0.95	0.00
LE6-06	0.85	0.90	0.00	0.50	0.70	0.00
LE6-07	1.50	1.20	0.00	0.00	0.00	1.50
LE6-08	0.00	0.00	0.60	0.25	0.25	0.00
LE6-09	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.75
LE6-10	0.00	0.00	1.00	1.75	1.50	0.00
LE6-11	1.50	1.50	0.00	2.50	2.00	0.00
LE6-12	1.20	1.00	0.00	1.30	1.40	0.00
Promedio	0.70	0.62	0.22	0.68	0.68	0.32

Ladrillo Ecológico al 12 % (Tratamiento 2)						
N° de repeticiones	Media cara superior (mm)			Media cara inferior (mm)		
	Convexidad	Concavidad		Convexidad	Concavidad	
	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Centro	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Centro
LE12-01	0.00	0.00	2.00	1.50	2.00	0.00
LE12-02	0.00	0.00	1.20	1.50	1.80	0.00
LE12-03	1.50	1.20	0.00	1.10	1.40	0.00
LE12-04	0.50	0.60	0.00	0.00	0.00	0.50
LE12-05	0.90	0.50	0.00	0.00	0.00	0.25
LE12-06	0.00	0.00	2.00	1.00	1.80	0.00
LE12-07	1.10	0.80	0.00	0.00	0.00	0.75
LE12-08	2.00	1.80	0.00	0.00	0.00	1.00
LE12-09	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.70
LE12-10	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.00
LE12-11	0.00	0.00	0.75	1.80	2.00	0.00
LE12-12	1.30	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00
Promedio	0.61	0.53	0.75	0.58	0.75	0.43

Ladrillo Ecológico al 20 % (Tratamiento 3)						
N° de repeticiones	Media cara superior (mm)			Media cara inferior (mm)		
	Convexidad	Concavidad		Convexidad	Concavidad	
	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Centro	Lado Izquierdo	Lado Derecho	Centro
LE20-01	2.10	1.80	0.00	0.00	0.00	1.50
LE20-02	1.40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50
LE20-03	0.50	0.80	0.00	0.00	0.00	1.25
LE20-04	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50
LE20-05	0.00	0.00	1.50	0.80	0.60	0.00
LE20-06	2.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00
LE20-07	1.50	1.00	0.00	1.50	1.90	0.00
LE20-08	0.00	0.00	0.70	2.00	1.50	0.00
LE20-09	0.00	0.00	2.00	1.00	1.25	0.00
LE20-10	0.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.50
LE20-11	1.65	1.80	0.00	0.00	0.00	0.75
LE20-12	2.30	2.00	0.00	1.00	1.35	0.00
Promedio	1.03	0.91	0.50	0.53	0.55	0.50

Anexo 7.3 Resultados de la densidad (g/cm³) de los ladrillos ecológicos

Ladrillo Ecológico al 0 % (Patrón)			
N° de repeticiones	Peso (g)	Volumen (cm³)	Densidad (g/cm³)
LE0-01	4169.0	2617.540	1.59
LE0-02	4295.0	2635.467	1.63
LE0-03	4238.0	2655.894	1.60
LE0-04	4252.0	2643.518	1.61
LE0-05	4516.0	2674.746	1.69
LE0-06	4283.0	2634.258	1.63
LE0-07	4152.0	2664.618	1.56
LE0-08	4239.0	2660.766	1.59
LE0-09	4209.0	2656.582	1.58
LE0-10	4287.0	2654.703	1.61
LE0-11	4196.0	2666.344	1.57
LE0-12	4425.0	2682.684	1.65
Promedio	4271.75	2653.93	1.61

Ladrillo Ecológico al 6 % (Tratamiento 1)

N° de repeticiones	Peso (g)	Volumen (cm³)	Densidad (g/cm³)
LE6-01	4066.0	2668.803	1.52
LE6-02	4154.0	2652.363	1.57
LE6-03	4048.0	2663.096	1.52
LE6-04	4132.0	2652.363	1.56
LE6-05	4193.0	2639.419	1.59
LE6-06	4165.0	2643.518	1.58
LE6-07	4211.0	2620.877	1.61
LE6-08	4191.0	2645.320	1.58
LE6-09	4196.0	2656.094	1.58
LE6-10	4078.0	2635.768	1.55
LE6-11	3842.0	2678.122	1.43
LE6-12	4175.0	2645.141	1.58
Promedio	4120.92	2650.07	1.56

Ladrillo Ecológico al 12 % (Tratamiento 2)

N° de repeticiones	Peso (g)	Volumen (cm³)	Densidad (g/cm³)
LE12-01	3979.0	2643.518	1.51
LE12-02	3899.0	2642.555	1.48
LE12-03	3997.0	2672.414	1.50
LE12-04	3674.0	2686.891	1.37
LE12-05	3865.0	2656.216	1.46
LE12-06	3844.0	2686.891	1.43
LE12-07	3565.0	2681.281	1.33
LE12-08	3844.0	2684.549	1.43
LE12-09	3644.0	2682.559	1.36
LE12-10	3898.0	2678.008	1.46
LE12-11	3705.0	2677.886	1.38
LE12-12	4053.0	2681.748	1.51
Promedio	3830.58	2672.88	1.43

Ladrillo Ecológico al 20 % (Tratamiento 3)

N° de repeticiones	Peso (g)	Volumen (cm³)	Densidad (g/cm³)
LE20-01	3347.0	2694.729	1.24
LE20-02	3315.0	2693.670	1.23
LE20-03	3275.0	2677.886	1.22
LE20-04	3528.0	2691.918	1.31
LE20-05	3595.0	2707.136	1.33
LE20-06	3632.0	2698.093	1.35
LE20-07	3544.0	2714.513	1.31
LE20-08	3448.0	2705.400	1.27
LE20-09	3625.0	2696.325	1.34
LE20-10	3668.0	2744.557	1.34
LE20-11	3815.0	2702.194	1.41
LE20-12	3498.0	2688.750	1.30
Promedio	3524.17	2701.26	1.30

Anexo 7.4 Resultados del porcentaje de absorción de agua de los ladrillos ecológicos



TECOSUR
TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO
PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ECOLOGICOS
SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO
UBICACIÓN : DISTRITO DE CRNL. GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA , PROVINCIA DE TACNA ,
DEPARTAMENTO DE TACNA.
MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERIA RECICLABLE
FECHA : TACNA , NOVIEMBRE DEL 2024

ENSAYO DE ABSORCION
NORMA TECNICA PERUANA 331.018

Nº de Muest.	DESCRIPCION	PESO SECO gms	PESO SATURADO gms	% DE ABSORCION
1	LE 0 - 10	3872	4465.00	15.32
2	LE 6 - 10	4019	4321.00	7.51
3	LE 12 - 10	3699	4212.00	13.87
4	LE 20 - 10	3475	4065.00	16.98
PROMEDIO				13.42

OBSERVACIONES

1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.



Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

JOSE VARRAS ZATACORA
INGENIERO CIVIL
CIP: 105241

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR: 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: [tecosur TACNA](https://www.facebook.com/tecosurTACNA)



TECOSUR

TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS
SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.
MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERIA RECICLABLE
FECHA : TACNA , DICIEMBRE DEL 2024

ENSAYO DE ABSORCION

NORMA TECNICA PERUANA 331.018

N° de Muest.	DESCRIPCION	PESO SECO gms	PESO SATURADO gms	% DE ABSORCION
1	LE0 - 08	4091	4435.00	8.41
2	LE 20 - 08	3330	3828.00	14.95
3	LE6 - 08	4112	4405.00	7.13
4	LE12 - 08	3454	3958.00	14.59
			PROMEDIO	11.27

OBSERVACIONES

1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.




Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS


JOSÉ VÍCTOR CATACORA
INGENIERO CIVIL
C.P. 198241

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 95 2887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: tecosur TACNA

Anexo 7.5 Resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos



TECOSUR
TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO
PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ECOLOGICOS

SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO

UBICACIÓN : DISTRITO DE CRNL. GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA , PROVINCIA DE TACNA ,
DEPARTAMENTO DE TACNA.

MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERIA RECICLABLE

FECHA : TACNA , NOVIEMBRE DEL 2024

Nº de Muest.	DESCRIPCION	Dimensiones			Area Bruta cm2	Lectura kg/fuerza	(f' b) kg/cm2
		L. cm.	A. cm.	Altura cm			
1	LE0 - 03	23.89	12.48	8.91	298.00	17184.00	57.67
2	LE0 - 06	23.81	12.50	8.85	297.66	25132.00	84.43
3	LE0 - 12	23.91	12.50	8.98	298.91	25454.00	85.16

OBSERVACIONES

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- 2.- Se ha considerado para los fines de calculo de resistencia a la compresión el área bruta



[Signature]
OSWALDO NARANJO ATENCIO
TEC. LABORATORISTA
REGISTRADO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y PAQUETES

[Signature]
JOSE VARGAS SUAREZ
INGENIERO CIVIL
REG. 100044

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: tecosur TACNA



TECOSUR

TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO


PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS
SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.
MUESTRA : BLOQUE DE CONCRETO .
FECHA : TACNA , 15 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº de Muest.	DESCRIPCION	Dimensiones			Area	Lectura	(fb)
		L. cm.	A. cm.	Altura cm	Bruta cm2	kg/fuerza	kg/cm2
1	LE 0 - 02	23.84	12.48	8.86	297.37	30563.00	102.78
2	LE 0 - 07	23.88	12.49	8.93	298.14	21550.00	72.28
3	LE 0 - 11	23.90	12.50	8.92	298.75	26349.00	88.20

OBSERVACIONES

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- 2.- Se ha considerado para los fines de calculo de resistencia a la compresión el área bruta




Oswaldo Miguel Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS


JOSÉ VARIOS
INGENIERO CIVIL
CIP:196241

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: tecosur TACNA



TECOSUR

TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO
PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ECOLOGICOS

SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO

UBICACIÓN : DISTRITO DE CRNL. GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA, PROVINCIA DE TACNA,
DEPARTAMENTO DE TACNA.

MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERIA RECICLABLE

FECHA : TACNA, NOVIEMBRE DEL 2024

Nº de Muest.	DESCRIPCION	Dimensiones			Area Bruta cm2	Lectura kg/fuerza	(fb) kg/cm2
		L. cm.	A. cm.	Altura cm			
1	LE6 - 03	23.84	12.50	8.94	297.97	18563.00	62.30
2	LE6 - 06	23.86	12.50	8.86	298.28	23068.00	77.34
3	LE6 - 12	23.93	12.48	8.86	298.46	23769.00	79.64

OBSERVACIONES

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- 2.- Se ha considerado para los fines de calculo de resistencia a la compresión el área bruta



Oswaldo Martín Aguilar Roca
TEC. LABORATORISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

JOSE VARGAS MACORA
INGENIERO CIVIL
CIP: 100241

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: [tecosur TACNA](https://www.facebook.com/tecosurTACNA)



TECOSUR

TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO

UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA, PROVINCIA DE TACNA, DEPARTAMENTO DE TACNA.

MUESTRA : BLOQUE DE CONCRETO .

FECHA : TACNA, 15 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº de Muest.	DESCRIPCION	Dimensiones			Area Bruta cm2	Lectura kg/fuerza	(f' b) kg/cm2
		L. Cm.	A. Cm.	Altura cm			
1	LE 6 - 02	23.88	12.50	8.88	298.44	30197.00	101.18
2	LE 6 - 07	23.85	12.49	8.80	297.83	32376.00	108.71
3	LE 6 - 11	23.86	12.49	8.98	297.98	17619.00	59.13

OBSERVACIONES

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- 2.- Se ha considerado para los fines de calculo de resistencia a la compresión el área bruta




Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS


JOSÉ VARGUEZ CATAQUI
INGENIERO CIVIL
CIP: 102241

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: tecosur TACNA



TEGOSUR

TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO
PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ECOLOGICOS

SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO

UBICACIÓN : DISTRITO DE CRNL. GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA , PROVINCIA DE TACNA ,
DEPARTAMENTO DE TACNA.

MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERIA RECICLABLE

FECHA : TACNA , NOVIEMBRE DEL 2024

Nº de Muest.	DESCRIPCION	Dimensiones			Area	Lectura	(fb)
		L. cm.	A. cm.	Altura cm	Bruta cm2	kg/fuerza	kg/cm2
1	LE12 - 03	23.89	12.50	8.95	298.59	19539.00	65.44
2	LE12 - 06	23.95	12.50	8.97	299.38	13628.00	45.52
3	LE12 - 12	23.94	12.50	8.96	299.22	20119.00	67.24

OBSERVACIONES

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- 2.- Se ha considerado para los fines de calculo de resistencia a la compresión el área bruta



Oswaldo Manzanillo Aguilar racci
TEC. LABORATORISTA
BECARIA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

JOSE VARGAS CATALAN
INGENIERO CIVIL
CIP-100241

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: tecosur TACNA



TECOSUR

TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS
SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.
MUJESTRA : BLOQUE DE CONCRETO .
FECHA : TACNA , 15 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº de Muest.	DESCRIPCION	Dimensiones			Area		(f ^b)
		L. cm.	A. cm.	Altura cm	Bruto cm2	Lectura kg/fuerza	kg/cm2
1	LE 12 - 02	23.89	12.50	8.85	298.59	20120.00	67.38
2	LE 12 - 07	23.90	12.50	8.98	298.75	15835.00	53.00
3	LE 12 - 11	23.91	12.51	8.95	299.21	15790.00	52.77

OBSERVACIONES

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- 2.- Se ha considerado para los fines de calculo de resistencia a la compresión el área bruta



Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TÉC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

JOSE VARGAS CATACORI
ING. QUÍMICO CIVIL
CIP:106241

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: [tecosur TACNA](https://www.facebook.com/tecosurTACNA)



TECOSUR

TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO
PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ECOLOGICOS

SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO

UBICACIÓN : DISTRITO DE CRNL. GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA , PROVINCIA DE TACNA ,
DEPARTAMENTO DE TACNA.

MUESTRA : UNIDADES DE ALBAÑILERIA RECICLABLE

FECHA : TACNA , NOVIEMBRE DEL 2024

Nº de Muest.	DESCRIPCION	Dimensiones			Area		(fb)
		L. cm.	A. cm.	Altura cm	Bruta cm2	kg/fuerza	kg/cm2
1	LE20 - 03	23.91	12.51	8.95	299.21	7224.00	24.14
2	LE20 - 06	23.89	12.55	9.00	299.79	12550.00	41.86
3	LE20 - 12	23.90	12.50	9.00	298.75	10182.00	34.08

OBSERVACIONES

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- 2.- Se ha considerado para los fines de calculo de resistencia a la compresión el área bruta




Oswaldo Macín Aguilar TACNA
TEC. LABORATORISTA
ESPECIALIDAD DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS


 JOSE VARGAS VARGAS
INGENIERO CIVIL
CIP: 10024

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
CELULAR 984238003 - 952887017 - 961464596

EMAIL: tecosur.tacna@gmail.com
FACEBOOK: tecosur TACNA



ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE CAUCHO Y TEREFALATO DE POLIETILENO PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS
SOLICITANTE : HENRY WILLIAN ATENCIO ATENCIO
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.
MUESTRA : BLOQUE DE CONCRETO .
FECHA : TACNA , 15 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº de Muest.	DESCRIPCION	Dimensiones			Area	Lectura	(fb)
		L. cm.	A. cm.	Altura cm	Bruta cm2	kg/fuerza	kg/cm2
1	LE 20 - 02	23.96	12.53	8.98	300.13	18114.00	60.35
2	LE 20 - 07	23.94	12.60	9.00	301.61	12242.00	40.59
3	LE 20 - 11	23.90	12.56	9.00	300.24	11856.00	39.49

OBSERVACIONES

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- 2.- Se ha considerado para los fines de calculo de resistencia a la compresión el área bruta



Oswaldo Machin Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

JOSE VARELA CATACORA
INGENIERO CIVIL
15100241