

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL
LADRILLO ARTESANAL, JAÉN – 2025**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor : Bach. Jean Carlos Robledo Gonzales

Asesor : Mg. Ing. Marcos Antonio Gonzales Santisteban

Línea de investigación: LI_IC_01 Estructuras

JAÉN – PERÚ

2026

Jean Carlos Robledo Gonzales

INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, J...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3597778679

105 páginas

Fecha de entrega

19 jun 2026, 11:22 a.m. GMT-5

13.211 palabras

Fecha de descarga

19 jun 2026, 11:27 a.m. GMT-5

71.677 caracteres

Nombre del archivo

RLOS_ROBLEDO_GONZALES_INFORME_-_JEAN_CARLOS_ROBLEDO_GONZALES.pdf

Tamaño del archivo

11.8 MB


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



Dra. María Marleni Torres Cruz
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 18 de Junio de 2026, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Fernando Demetrio Llatas Villanueva

Secretario: Mg Billy Alexis Cayatopa Calderón

Vocal: Dr Christiaan Zayed Apaza Panca, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL JAÉN - 2025, presentado por el tesista: **Jean Carlos Robledo Gonzales**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	()
b) Muy bueno	16, 17	()
c) Bueno	14, 15	(15)
d) Regular	13	()
e) Desaprobado	12 ó menos	()

Siendo las 11:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Dr. Fernando Demetrio Llatas Villanueva
Presidente

Mg Billy Alexis Cayatopa Calderón
Secretario

Dr Christiaan Zayed Apaza Panca
Vocal

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

ANEXO N°06:

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO
DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, **Jean Carlos Robledo Gonzales**, egresado de la carrera Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI **75794119**.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

“INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN – 2025”.

Asesorado por **Mg. Marcos Antonio Gonzales Santisteban**.

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar; el Título Profesional/Grado Académico de **Ingeniero Civil**.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, día, mes y año.


Jean Carlos Robledo Gonzales.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS	3
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
I. INTRODUCCIÓN	7
II. OBJETIVOS	12
III. MATERIAL Y MÉTODOS	13
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
AGRADECIMIENTO	50
DEDICATORIA.....	51
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i>	<i>Muestras a ensayar para cada tratamiento y tipo de ensayo.</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2.</i>	<i>Ensayos al sustrato de la cantera.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3.</i>	<i>Resultados del ensayo de absorción (%).</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4.</i>	<i>Análisis de varianza para el ensayo de absorción.</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5.</i>	<i>Resultados del ensayo de alabeo (mm).</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 6.</i>	<i>Análisis de varianza para el ensayo de alabeo.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 7.</i>	<i>Resultados del ensayo de variación dimensional (mm).</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 8.</i>	<i>Análisis de varianza para la Longitud (L) del ladrillo en el ensayo de variación dimensional.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 9.</i>	<i>Análisis de varianza para el Ancho (A) del ladrillo en el ensayo de variación dimensional.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 10.</i>	<i>Análisis de varianza para la Altura (H) del ladrillo en el ensayo de variación dimensional.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 11</i>	<i>Resultados del ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²).</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 12</i>	<i>Análisis de varianza para el ensayo de resistencia a la compresión.</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 13</i>	<i>Resultados del ensayo de resistencia a la tracción (kg/cm²).</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 14</i>	<i>Análisis de varianza para el ensayo de resistencia a la tracción.</i>	<i>30</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Macrozonificación de la investigación.	14
Figura 2.	Localización de la cantera estudiada.	14
Figura 3.	Flujograma del procedimiento de la investigación.	19
Figura 4.	Características que deberán cumplir las unidades de albañilería para fines estructurales según la Norma E.070.	31
Figura 5.	Comparación de la absorción de humedad obtenida con lo establecido en la Norma E.070 (22%).	32
Figura 6.	Comparación del alabeo obtenido con lo establecido en la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (10mm).	33
Figura 7.	Comparación de la variación dimensional del Largo (L) del ladrillo con la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (>150 mm).	34
Figura 8.	Comparación de la variación dimensional del Ancho (A) del ladrillo con la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (≤ 150 mm).	35
Figura 9.	Comparación de la variación dimensional de la Altura (H) del ladrillo con la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (≤ 100 mm).	36
Figura 10.	Comparación de la resistencia a la compresión obtenida con lo establecido en la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (50 kg/cm^2).	37
Figura 11.	Resistencia a la tracción obtenida de cada tratamiento (kg/cm^2).	38
Figura 12.	Extracción de la tierra utilizada para la elaboración del ladrillo artesanal.	98
Figura 13.	Adición del caucho reciclado en gránulos para la conformación de la mezcla.	98
Figura 14.	Adición de pajilla de arroz para la elaboración del ladrillo convencional (testigos).	99
Figura 15.	Conformación de la mezcla de barro para los 4 tratamientos (0%, 5%, 10% y 15% de caucho).	99
Figura 16.	Molde de madera (gavera) utilizada para la fabricación del ladrillo artesanal.	100
Figura 17.	Esparcimiento de ceniza en la gavera para evitar que el barro se pegue en sus paredes.	100
Figura 18.	Desencofrado de especímenes.	101
Figura 19.	Conformación de la población de ladrillos correspondiente a cada tratamiento.	101
Figura 20.	Apilado de ladrillos para su oreo a la intemperie.	102
Figura 21.	Proceso de quemado del ladrillo en horno artesanal.	102

<i>Figura 22.</i>	<i>Ladrillos rotulados para cada tratamiento.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 23.</i>	<i>Tamizado de las partículas de caucho para su uniformizar su granulometría y eliminar partículas muy grandes.</i>	<i>103</i>
<i>Figura 24.</i>	<i>Laboratorio de Resistencia y ensayo de materiales de la carrera profesional de Ing. Civil – UNJ.</i>	<i>104</i>
<i>Figura 25.</i>	<i>Ensayo de alabeo (concavidad).</i>	<i>104</i>
<i>Figura 26.</i>	<i>Ensayo de alabeo (convexidad).</i>	<i>105</i>
<i>Figura 27.</i>	<i>Ensayo de variación dimensional.</i>	<i>105</i>
<i>Figura 28.</i>	<i>Ensayo de absorción de humedad.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 29.</i>	<i>Ensayo de resistencia a la compresión para el 15% de caucho.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 30.</i>	<i>Ensayo de resistencia a la compresión para el 5% de caucho.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 31.</i>	<i>Ensayo de resistencia a la compresión para el 0% de caucho (testigo).</i>	<i>107</i>
<i>Figura 32.</i>	<i>Preparación para el ensayo a tracción indirecta (Método Brasileiro).</i>	<i>108</i>
<i>Figura 33.</i>	<i>Ensayo resistencia a la tracción indirecta para el testigo.</i>	<i>108</i>

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de la incorporación de caucho reciclado en la resistencia a la compresión y a la tracción del ladrillo artesanal elaborado en Jaén – 2025. Para ello, se desarrolló una metodología experimental en la que se fabricaron ladrillos con adiciones de 0%, 5%, 10% y 15% de caucho, utilizando como materia prima arcilla extraída de una cantera local. Los ensayos realizados también incluyeron la determinación de variación dimensional, absorción de agua y alabeo, siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería. Los resultados demostraron que la adición de 5% de caucho reciclado mejoró el desempeño de los ladrillos, alcanzando mayores valores de resistencia a la compresión (64.90 kg/cm^2) y a la tracción (10.78 kg/cm^2), superando al ladrillo convencional. Sin embargo, al incrementar el contenido de caucho al 10% y 15%, las resistencias disminuyeron significativamente, aunque se observaron mejoras en la absorción de humedad. Se concluye que la incorporación moderada de caucho reciclado resulta beneficiosa para optimizar las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal, mientras que dosis excesivas comprometen su resistencia estructural, limitando su viabilidad para fines constructivos.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, ladrillo artesanal, caucho reciclado.

ABSTRACT

The present investigation aims to evaluate the influence of the incorporation of recycled rubber on the compressive and tensile strength of artisanal bricks produced in Jaén – 2025. To this end, an experimental methodology was developed in which bricks were manufactured with additions of 0%, 5%, 10% and 15% rubber, using clay extracted from a local quarry as raw material. The tests carried out also included the determination of dimensional variation, water absorption, warping, compressive strength and tensile strength, following the guidelines of the Peruvian Technical Standard E.070 for Masonry. The results demonstrated that the addition of 5% recycled rubber improved the performance of the bricks, achieving higher values of compressive strength (64.90 kg/cm²) and tensile strength (10.78 kg/cm²), surpassing conventional bricks. However, increasing the rubber content to 10% and 15% significantly reduced the strength, although improvements in moisture absorption were observed. It is concluded that the moderate incorporation of recycled rubber is beneficial for optimizing the mechanical properties of the handmade brick, while excessive doses compromise its structural strength, limiting its viability for construction purposes.

Keywords: Compressive strength, tensile strength, handmade brick, recycled rubber.

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto internacional, el ladrillo ha sido reconocido por su importancia histórica y se ha establecido como un material fundamental en la construcción. Aunque es altamente comercializado y valorado por sus características atractivas, los ladrillos artesanales frecuentemente no cumplen con todos los estándares necesarios para asegurar una calidad óptima. Esta situación puede hacer que las viviendas construidas con ellos sean más vulnerables tanto a sismos como a su propio peso, aumentando su inseguridad estructural. Por consiguiente, es evidente la necesidad de investigar la combinación de diferentes materias primas para mejorar las propiedades de los ladrillos (Guadalupe, 2019). En España, hacia mediados del siglo XIX, el uso del ladrillo experimentó un notable impulso en su arquitectura. La introducción de la fabricación industrializada del ladrillo no solo redujo significativamente los tiempos de producción, sino que también generó una creciente demanda debido a su estética atractiva, convirtiéndolo en un material indispensable para diversos procesos constructivos (Castro, 2023).

En el Perú, se está expandiendo el uso de albañilería confinada en viviendas tanto en áreas urbanas como rurales, empleando predominantemente ladrillos macizos de arcilla fabricados de manera artesanal. Sin embargo, frecuentemente se descuida la planificación, la calidad de los materiales y las condiciones del suelo, entre otros aspectos críticos. Esta falta de atención puede resultar en estructuras altamente vulnerables frente a terremotos (Rojas, 2022). En Huancayo, durante el año 2015, se observó que la fabricación artesanal de ladrillos de arcilla no cumple con la norma E.070 y carece de controles de calidad adecuados. La explosión demográfica actual ha generado una demanda masiva de viviendas, favoreciendo el uso extendido de ladrillos artesanales en urbanizaciones y centros poblados. Este proceso de fabricación es empírico y carece de un control riguroso de calidad. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo estudios sobre las propiedades físicas y mecánicas de estos ladrillos para orientar mejoras continuas y cumplir con los estándares de la normativa de albañilería (Ibarra, 2021).

En la región de Cajamarca, los ladrillos de arcilla se utilizan ampliamente en la construcción debido a su disponibilidad y costo relativamente bajo. Sin embargo, generalmente se fabrican sin control adecuado de los insumos ni del proceso de construcción, lo que ha llevado a una limitada información sobre sus propiedades físicas y mecánicas (Cayotopa, 2019). Según el Censo Nacional de 2017, el 55,8% de las

viviendas particulares en el país tienen predominantemente ladrillo en sus paredes exteriores, lo que equivale a 4 millones 298 mil 274 viviendas. Este dato marca un incremento significativo del 43,7% desde el Censo de 2007, representando un aumento absoluto de 1 millón 306 mil 647 viviendas (Llovera & Tarrillo, 2023).

La acumulación de residuos de caucho, especialmente de neumáticos en desuso, constituye un problema ambiental debido a su lenta degradación y gran volumen, lo que genera saturación de vertederos y prácticas inadecuadas como la quema, que libera contaminantes tóxicos. Ante esta situación, surge la necesidad de alternativas sostenibles que permitan reutilizar estos residuos. Una opción viable es incorporar caucho reciclado en la fabricación de ladrillos artesanales, aprovechando su elasticidad y resistencia al desgaste para mejorar propiedades mecánicas como la tracción y la compresión. Además, esta práctica reduce el impacto ambiental y promueve un enfoque de economía circular en la construcción, convirtiendo un desecho problemático en un recurso útil.

Esta investigación se enfocó en proporcionar conocimiento y sustento científico sobre el uso de ladrillos artesanales macizos fabricados con caucho reciclado. La finalidad principal es mejorar la calidad de los ladrillos para aumentar su resistencia estructural ante cargas externas en los muros portantes de las edificaciones en la ciudad de Jaén.

Existen investigaciones científicas que experimentaron lo expresado anteriormente, como es la de Krishnan *et al.*, (2024) quienes plantearon como objetivo la producción de ladrillos de arcilla estabilizados caucho molido mediante la activación alcalina con metasilicato de sodio a baja temperatura, a fin de obtener un geopolímero. Su metodología incluyó la elaboración de ladrillos con distintas proporciones del aditivo, los cuales fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión y absorción de agua. Los resultados demostraron que la adición controlada de caucho, en combinación con la ceniza volante, permitió mejorar la resistencia mecánica y reducir la absorción, mientras que dosis excesivas disminuyeron la resistencia. Los autores concluyeron que pequeñas fracciones de caucho mejoran la interacción entre partículas y la ductilidad, pero en contenidos elevados limitan la transferencia de esfuerzos a compresión ofreciendo un potencial significativo para la fabricación de ladrillos más sostenibles y con propiedades competitivas frente a los convencionales.

De manera similar, Coaquira y Fernández (2024) determinaron la influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos de arcilla ecológicos para

mampostería. Su metodología fue de tipo aplicada, diseño experimental, nivel explicativo y enfoque cuantitativo, considerando evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de arcilla con dosificaciones al 5%, 10% y 15% de caucho reciclado. Los resultados permitieron evidenciar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y los tipos de propiedades evaluadas: variación dimensional ancho ($p=0,000<0,05$) y alto ($p=0,000<0,05$); alabeo ($p=0,0138<0,05$); absorción ($p=0,004<0,05$); resistencia a la compresión ($p=0,000<0,05$) y succión ($p=0,000<0,05$). Se concluyó que los ladrillos con caucho reciclado cumplen con las normativas peruanas correspondientes E.070, NTP 331.017 y NTP 339.613; asimismo, su incorporación modifica la matriz de arcilla e influye en su comportamiento físico y mecánico

Por otro lado, Atencio (2025) elaboró ladrillos ecológicos utilizando caucho reciclado proveniente de neumáticos fuera de uso (NFU) y tereftalato de polietileno (PET), sustituyendo parcialmente los materiales convencionales. La investigación se desarrolló mediante un método experimental con enfoque cuantitativo, en el cual se elaboraron ladrillos con tres tratamientos de incorporación de PET y NFU: T-12 %, T-24 % y T-36 %; evaluándose principalmente la resistencia a la compresión y la absorción. Los resultados evidenciaron que la resistencia a la compresión disminuyó a medida que aumentó el contenido de materiales reciclados, registrándose el valor más alto en el tratamiento T-12 %, con 14.82 kg/cm². En cuanto a la absorción de agua, se observó un incremento conforme aumentó la proporción de PET y NFU, alcanzando un 11.15 % en el tratamiento T-36 %. Los autores concluyen que para la incorporación de caucho reciclado y PET en la fabricación de ladrillos ecológicos es necesario optimizar las proporciones de estos materiales reciclados para mejorar el desempeño mecánico y funcional del producto final, evidenciándose que el aumento del contenido de materiales poliméricos reciclados puede reducir la resistencia mecánica y modificar la absorción de agua.

Asimismo, Pardo y Paredes (2023) investigaron la influencia de incorporar caucho reciclado de neumáticos en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos elaborados para mampostería. El estudio fue de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, en el cual se fabricaron unidades con cuatro tratamientos, 0%, 5%, 10% y 15% de caucho reciclado incorporado en la mezcla. Los resultados de compresión fueron: 25.18 kg/cm², 26.28 kg/cm², 17.98 kg/cm² y 13.14 kg/cm²; para absorción: 12.54 %, 13.86 %, 15.48 % y 16.90 %; respecto al alabeo: 0.55 mm, 0.44 mm, 0.90 mm y 1.43

mm; para variación dimensional fueron en largo 2.21 %, 2.79 %, 3.26 %, 3.02 %; en ancho 2.20 %, 4.20 %, 3.40 %, 3.20 %; y en altura 8.82 %, 5.88 %, 7.35 %, 5.29 %; respectivamente. Los autores concluyeron que la incorporación de caucho reciclado modifica significativamente las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico, siendo la dosificación del 5 % la que presenta el mejor equilibrio entre desempeño mecánico y comportamiento físico, mientras que porcentajes mayores afectan negativamente la resistencia estructural, evidenciando que el caucho origina tendencia decreciente no lineal de la resistencia mecánica cuando se incrementa el contenido de material elastomérico, muestran que el alabeo y la variación dimensional se incrementan con mayores porcentajes de caucho.

Además, Gambin *et al.*, (2023) evaluaron la viabilidad de fabricar ladrillos con incorporación de grano de caucho reciclado en una matriz compuesta por arcilla, arena y cemento. La metodología fue experimental, elaborándose unidades con dosificaciones de caucho de 5%, 6% y 7% en peso respecto a la mezcla. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y absorción conforme la normativa NTC. Los resultados mostraron el 7% de caucho alcanzó 2.89 MPa de resistencia a la compresión, siendo este el mejor tratamiento. En cuanto a la absorción de agua, fue 0,108 g/cm²/min estando en los límites aceptables para unidades de mampostería según la NTC. Los autores concluyeron que la incorporación moderada de caucho reciclado es técnicamente viable, ya que permite fabricar ladrillos con propiedades físicas y mecánicas adecuadas para mampostería, cumpliendo con la exigencia mínima de 2.00 MPa establecida en las normas técnicas colombianas; siendo confiable para estructuras de mampostería. También se evidenció que las fallas presentadas tuvieron un mejor comportamiento dúctil gracias a la presencia de partículas de caucho, que otorgan al bloque mayor deformabilidad. Por otro lado, el porcentaje de absorción indicó que una adición moderada de caucho permite obtener valores de a dentro de los límites normativos, evidenciando un adecuado comportamiento frente a la humedad

Por su parte, Arriagada *et al.*, (2023) investigaron la influencia del caucho triturado de neumáticos fuera de uso (NFU) en las propiedades de ladrillos artesanales. La investigación se desarrolló mediante un diseño experimental, en el cual se elaboraron tres tipos de ladrillos: un ladrillo base con 100 % de arcilla, otro con 90 % de arcilla y 10 % de caucho triturado, y un tercero con 80 % de arcilla y 20 % de caucho. Los resultados para resistencia a la compresión fueron 4.24 MPa, 4.39 MPa y 3.68 MPa; y para absorción

16.7%, 18% y 18% respectivamente; cumpliendo con la normativa chilena que establece un máximo de 22 %. Los autores concluyeron que la incorporación de pequeñas proporciones de caucho triturado constituye una mejora considerable en las propiedades del ladrillo, y si supera el 10% de su contenido perjudica sus propiedades mecánicas. Además, pequeñas proporciones de caucho no afectan la absorción y mejoran su comportamiento frente al agua

Capcha & Rojas (2022) tuvieron como objetivo evaluar la influencia de la ceniza de hoja de Maíz y de la cascara del trigo en la resistencia a la compresión y tracción del ladrillo artesanal. Su metodología fue de tipo aplicada, de nivel explicativo, de método científico experimental, y para ello emplearon combinaciones de ambos tipos de cenizas en diversos porcentajes. Como resultado se obtuvo que la combinación de 10% de ceniza de hoja de Maíz y 10% de ceniza de cascara del trigo obtuvieron los mejores resultados para el ensayo de compresión 42.25 kg/cm^2 y 11.72 kg/cm^2 para tracción. Concluyeron que es factible la combinación de los porcentajes de 10 % de la ceniza de hoja de maíz y 10 % de la ceniza de cáscara de trigo, ya que mejoran la resistencia y calidad del ladrillo artesanal cocido y que conforma aumenta la cantidad de fibra orgánica en la estabilización de ladrillo artesanal, progresivamente también aumenta su resistencia a la tracción.

Por todo lo antes mencionado se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influye el caucho reciclado en la resistencia a la tracción y compresión del ladrillo artesanal, Jaén – 2025?

II. OBJETIVOS

2.1. General

Determinar la influencia del caucho reciclado en la resistencia a la tracción y compresión del ladrillo artesanal producido en Jaén, 2025.

2.2. Específicos

- ✓ Evaluar la absorción, alabeo y variación dimensional del ladrillo artesanal elaborado.
- ✓ Calcular la resistencia a la tracción y compresión del ladrillo artesanal elaborado con 0%, 5%, 10% y 15% de caucho reciclado.
- ✓ Comparar las propiedades estudiadas de los ladrillos elaborados, con la norma de albañilería E.070.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización del estudio

a. Trabajo de Campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en una cantera ubicada en el sector Fila Alta, perteneciente al distrito y provincia de Jaén, región Cajamarca, a una altitud de 818 m s. n. m., con coordenadas UTM 722,534 Este y 936,518 Norte. Esta zona se caracteriza por la presencia predominante de suelos finos, principalmente arcillas y limos clasificados como CL, ML y MH, es decir, arcillas y limos de baja y alta plasticidad, los cuales presentan un potencial adecuado para la fabricación de ladrillos artesanales.

Figura 1

Macrozonificación de la investigación.



Fuente: Farceque & Gamonal (2023).

Figura 2

Localización de la cantera estudiada.



Fuente: Google Earth (2025).

b. Trabajo de Laboratorio

Los ensayos a los especímenes del ladrillo artesanal elaborado, tanto, ensayos destructivos (resistencia a la tracción y compresión) y no destructivos (absorción, alabeo y variación dimensional) fueron realizados en el laboratorio de Resistencia y Ensayo de Materiales de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

3.2. Población

La población en una investigación está constituida por los elementos, tales como personas, muestras y organismos, que forman parte del fenómeno delimitado en el análisis del problema de investigación (Díaz de León, 2016).

La población de ladrillos, está compuesta por la cantidad de probetas que se fabricaron con la adición de fibras de caucho reciclado en diferentes porcentajes. Estos ladrillos fueron elaborados en un entorno controlado para evaluar cómo la incorporación de caucho reciclado afecta sus propiedades físicas y mecánicas.

3.3. Muestra

La muestra se refiere a una porción representativa de la población de interés, que refleja las mismas características y propiedades de dicha población (Díaz de León, 2016).

La muestra de ladrillos, fue determinada mediante el método de poblaciones finitas, cada grupo de especímenes se sometieron a un conjunto de pruebas estandarizadas. Esta metodología asegura que los resultados sean estadísticamente significativos y representativos de la población total de ladrillos fabricados. Por lo tanto, el tamaño de la muestra se calcula de la siguiente manera:

Donde:

N = Población por ensayo (24)

$Z_a^2 = 1,96^2$ (si la confiabilidad es 95%)

p = Significancia estadística (5%)

q = 1 – p = (1-0,05 = 0,95)

d = Precisión (5%)

n = Tamaño de la muestra

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2(N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

$$n = \frac{24 * 1,96^2 * 0,05 * 0,95}{0,05^2(24 - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95}$$

n= 19 muestras

$$f = n/\text{tratamientos}$$

$$f = 19/4$$

$$f = 4.75 \approx 5 \text{ probetas/tratamiento/tipo ensayo}$$

Tabla 1

Muestras a ensayar para cada tratamiento y tipo de ensayo.

Tratamientos		Ensayos a realizar			
Dosificaciones de caucho	Tracción	Compresión	Absorción	Alabeo	Variación dimensional
0% (Testigo)	5	5	5	5	5
5%	5	5	5	5	5
10%	5	5	5	5	5
15%	5	5	5	5	5
Total, de muestras	20 muestras	20 muestras	20 muestras	20 muestras	20 muestras

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Considerando que la Norma Técnica Peruana NTP 399.601 especifica la realización de un mínimo de 3 repeticiones por cada tipo de ensayo; por lo tanto, de acuerdo a la Tabla 1, esta investigación está cumpliendo con dicha norma, puesto que se ensayaron 5 probetas por cada tratamiento y tipo de ensayo, según aplicación del método de poblaciones finitas.

3.4. Muestreo

En esta investigación, se empleó un método de muestreo probabilístico por porque las probetas se escogieron aleatoriamente para ser sometidas a cada tipo de ensayo. Este enfoque facilita la selección de casos accesibles que estén dispuestos a participar, asegurándose que los resultados obtenidos sean relevantes y aplicables a la población de interés, proporcionando así una base sólida para el análisis y las conclusiones del estudio, ya que todas las muestras tendrán la misma probabilidad de ser elegidas (Morphol, 2017).

3.5. Variables de la investigación

Variable independiente: Dosificaciones de caucho reciclado.

Variable dependiente: Resistencia a la tracción y compresión del ladrillo artesanal.

3.6. Métodos

En esta investigación, se optó por utilizar el método **hipotético-deductivo**, el cual se fundamenta en la formulación de hipótesis destinadas a explicar un fenómeno específico. Este método implica someter las hipótesis a pruebas y experimentos para validarlas o descartarlas, según corresponda (Guanipa, 2010). El método hipotético-deductivo ha sido seleccionado debido a que las hipótesis planteadas en el estudio están directamente relacionadas con las variables de interés. Cada variable está definida con indicadores específicos, los cuales fueron investigados y evaluados a través de procesos deductivos.

Además, una investigación **aplicada** se centra en generar conocimiento para abordar problemas concretos de la realidad (Rodríguez, 2005). Por consiguiente, este estudio se clasifica como investigación aplicada, dado que su objetivo es explorar una técnica innovadora para resolver un problema real. En este caso, se busca abordar las deficiencias en el proceso constructivo del ladrillo utilizando métodos artesanales, además de mitigar el impacto ambiental causado por los neumáticos en desuso.

Por otro lado, la investigación **cuantitativa** se caracteriza por estudiar de manera sistemática y empírica los fenómenos, utilizando técnicas estadísticas, computacionales o matemáticas para evaluarlos. Este enfoque también emplea métodos científicos para

desarrollar modelos, teorías e hipótesis, así como para diseñar y utilizar instrumentos de medición, manipular variables y realizar experimentos controlados (Rodríguez, 2005). En consecuencia, este estudio se clasifica como investigación cuantitativa, dado que los datos recopilados son numéricos y provienen de ensayos de laboratorio rigurosamente controlados.

La investigación es **experimental** porque manipula una variable independiente (la incorporación de caucho reciclado en diferentes proporciones) para observar sus efectos sobre variables dependientes (propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal). Este diseño implica la realización de ensayos controlados en laboratorio, bajo condiciones específicas, para determinar relaciones causa-efecto. A través de este enfoque, se busca establecer conclusiones fundamentadas sobre cómo el caucho reciclado afecta las propiedades del material estudiado.

3.7. Técnicas

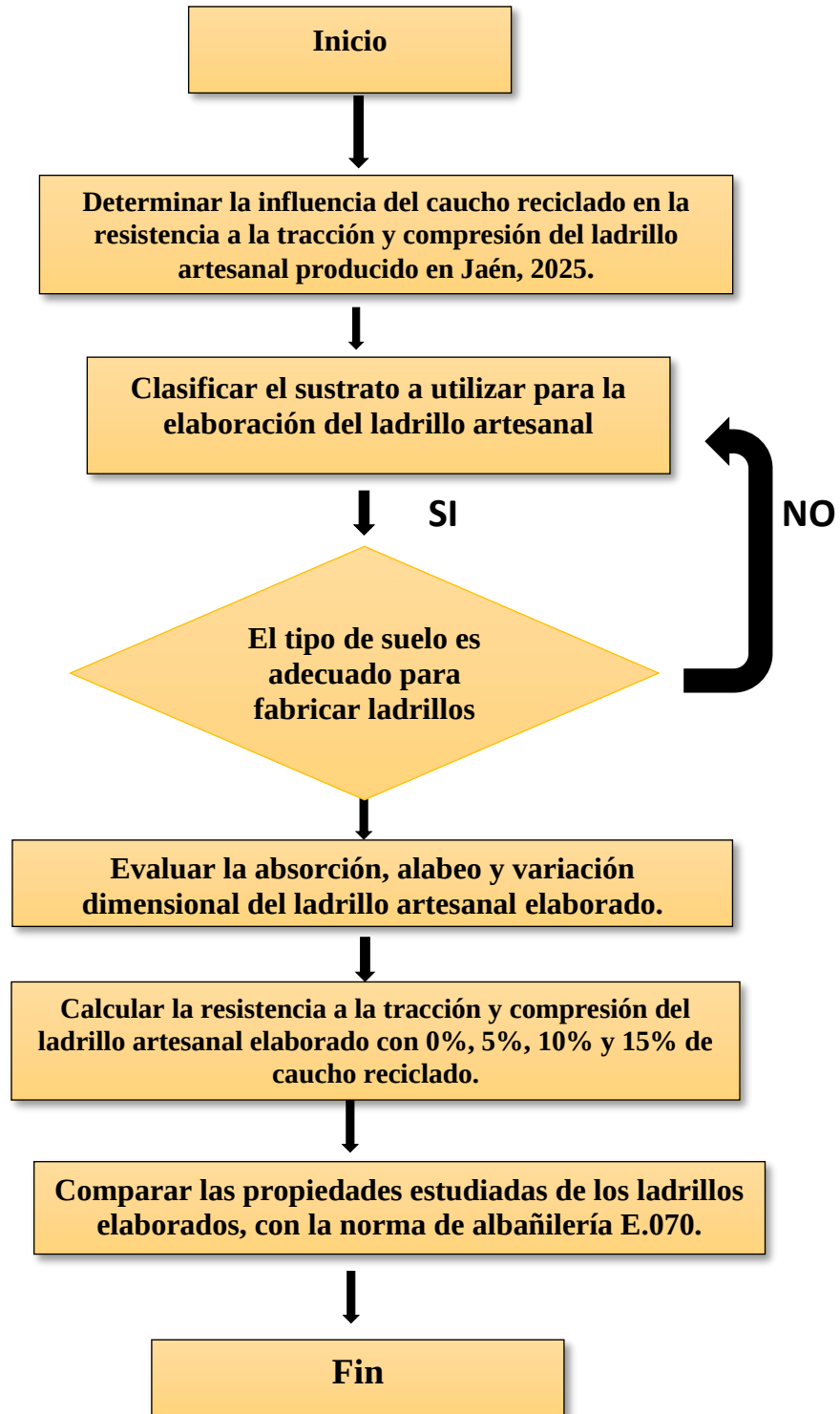
La experimentación, consiste en la reproducción controlada de un fenómeno dentro de un entorno previamente regulado. Esta técnica permite observar, medir y repetir los efectos del fenómeno estudiado, facilitando así la identificación de sus causas y consecuencias al minimizar la influencia de variables externas o desconocidas (Carpi y Egger, 2008). En el marco de esta investigación, la aplicación de esta técnica resulta adecuada, ya que exige un proceso riguroso en la elaboración, monitoreo y análisis de los ladrillos. Esto posibilita establecer con mayor precisión el efecto del caucho reciclado en sus propiedades mecánicas, garantizando un entorno controlado y replicable que favorece la obtención de resultados fiables y fundamentados en evidencia empírica.

La observación se orienta al análisis del fenómeno de interés, permitiendo un examen detallado de sus características y del contexto en el que se desarrolla. Este proceso constituye una etapa esencial para la generación de conocimiento, ya que posibilita comprender y explicar el objeto de estudio desde sus aspectos más relevantes (Cutipa, 2023). En esta investigación, la observación adquiere un rol fundamental, pues permite evaluar cuidadosamente el comportamiento de los ladrillos durante su elaboración, curado y posterior ensayo mecánico. Gracias a esta técnica, es posible identificar patrones y tendencias en la respuesta del material frente a la incorporación de caucho reciclado, aportando así a una comprensión más completa y precisa del fenómeno investigado.

3.8. Procedimiento

Figura 3

Flujograma del procedimiento de la investigación.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

La metodología empleada para la fabricación de los ladrillos artesanales que fueron utilizados en esta investigación, se ha tomado como referencia de la “Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales” del Ministerio de la Producción (2010) donde detalla la manera adecuada para producir ladrillos de arcilla cocida fabricados de forma artesanal.

a) Obtención del caucho

Las partículas de caucho utilizadas para la fabricación del ladrillo artesanal se obtuvieron de la empresa “Reencauchadora Jaén” ubicada en la Av. Pakamuros cuadra 14 de la ciudad de Jaén, debido que dicha empresa cuenta con una amplia experiencia e implementación en sus equipos apropiados para estas labores, lo cual garantiza obtener la materia prima menos contaminada con otros materiales o sustancias. Esta materia prima es muy accesible debido que es desechada como basura sin ningún interés, siendo el producto del esmerilado de la capa de rodadura de los neumáticos que se desean reencauchar obteniéndose el aserrín de caucho para la fabricación de los ladrillos, sin la necesidad de realizarle cortes con máquinas, ni herramientas manuales para su dimensionamiento.

Se reciclaron las partículas de caucho asegurando que provengan exclusivamente de mismo tipo de neumáticos para garantizar en su composición la uniformidad en la investigación. Este material fue zarandeado mediante juego de tamices, y solamente se utilizaron las partículas que pasaron la malla N°04 con el propósito de aprovechar la mayor cantidad posible del material disponible y facilitar la aplicabilidad práctica del estudio.

Asimismo, el caucho utilizado no recibió ningún tipo de tratamiento físico ni químico previo, con el fin de mantener un proceso sencillo, replicable y sin limitaciones técnicas en su implementación. Esta decisión permitió evaluar el comportamiento del material en condiciones reales y de fácil adopción para su aplicación en la fabricación de ladrillos artesanales.

b) Extracción de materia prima (Arcilla)

Se realizó en una cantera del sector Fila Alta, del distrito y provincia de Jaén de la región Cajamarca, tomando como criterio que estas canteras producen la gran mayoría de ladrillos artesanales que se utilizan para construir las viviendas de la ciudad de Jaén. Después de identificada la ladrillera con su cantera adecuada para la fabricación de las muestras, se extrajo el sustrato con palas y picos, para seguidamente zarandearla,

observando que el suelo seleccionado esté libre de tierra contaminada (malezas y materias extrañas).

c) Zarandeo de materia prima (Arcilla)

Se realizó con la asistencia de una zaranda de ¼”, el cual radica en apartar el material grueso del fino, adecuado para la fabricación de ladrillos artesanales. En simultaneo se tomó una muestra representativa del sustrato natural de esa cantera para realizarle su clasificación en un laboratorio. Los ensayos estandarizados de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) fueron:

Tabla 2

Ensayos al sustrato de la cantera.

Nº	Ensayo	Norma
1	Contenido de Humedad	MTC E - 108
2	Granulometría	MTC E - 107
3	Límites de Consistencia ó Atterberg	MTC E -110 y MTC E – 111

Fuente: Elaboración propia, 2025.

d) Mezclado y amasado manual

La mezcla se realizó de forma manual con picos y palas hasta conseguir una composición más estable, incorporándole al sustrato agua y las partículas de caucho reciclado en las proporciones correspondientes a cada tratamiento en función al volumen de la muestra (0%, 5%, 10% y 15%).

e) Moldeado

Se sumergió la gavera en un depósito con agua limpia, después se realizó el desparramo de ceniza de forma manual, con la finalidad de evitar la pegadura de la mezcla con el molde de madera al instante de poner la mezcla dentro de cada compartimiento, asimismo se le enrasó ligeramente de modo que no permanezca tierra en exceso en el molde. Las dimensiones del molde para la elaboración del ladrillo fueron de 23.5cm x 13.5cm x 7.5cm garantizando su compatibilidad con los estándares de producción del ladrillo solido cocido.

f) Secado y apilado

Se trasladó a la zona de secado, se volteó la gavera impulsando hacia abajo permitiendo que las muestras de albañilería se asienten lentamente y se ubiquen en el área del suelo conservando su geometría cuadrangular por un periodo de 5 a 7 días en promedio dependiendo de la calentura del ambiente, y su posición de asentado va variando. En la etapa final del secado, se van colocando los ladrillos de canto uno encima de otro formando pequeñas torres de un ladrillo por lado y de aproximadamente 1m alto. Las unidades fueron marcadas con código de acuerdo a cada tratamiento, con la finalidad que no se mezclen y poder identificarlas.

g) Quemado o cocción

Se sometieron los ladrillos en un horno artesanal a calentura media de 700°C – 1450°C aproximadamente, usando como inflamable pajilla de arroz, por un tiempo de 7 días dependiendo del visto bueno del Maestro Hornero. El mismo procedimiento descrito anteriormente se aplicó para la fabricación de los ladrillos convencionales (testigos).

h) Enfriamiento y descarga del horno

Una vez culminado el proceso de cocción, se fue abriendo poco a poco las ventilaciones del horno para dejar enfriar los ladrillos, lo cual duró 6 días. Antes de proceder con la descarga se esperó que el horno se enfríe en su totalidad hacia la temperatura ambiente. Después de descargados los ladrillos del horno se procedieron a la ejecución de los ensayos de laboratorio correspondientes.

i) Ensayo de ladrillos en laboratorio

Estas pruebas se ejecutaron en el laboratorio de Resistencia y Ensayo de Materiales de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, la cual consistió en someter los bloques de ladrillo completamente secos, a las pruebas de resistencia a la tracción y resistencia a la compresión usando una Prensa Hidráulica, y de esta manera determinar el esfuerzo que soporta cada muestra antes de su rotura. De manera complementaria también se realizaron a las muestras los ensayos de absorción, alabeo y variación dimensional.

ii) Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla cocida (Norma ASTM C67)

- ✓ Se registran las dimensiones del ladrillo en estado seco.
- ✓ Se limpian las caras de apoyo de las placas de carga para garantizar contacto uniforme entre la probeta y las placas de carga para distribuir contacto homogéneo.

- ✓ Se apoya la pieza sobre la cama de carga de la máquina en la cara de mayor área.
- ✓ Se aplica la carga monotónica hasta rotura y se registra la resistencia máxima mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

σ = Esfuerzo de compresión (kg/cm²)

P = Carga de rotura (kg)

L = Área de asiento del ladrillo (cm²)

ii) Ensayo de Tracción indirecta por el método brasileiro (Norma ASTM D3967)

- ✓ Se registran las dimensiones del ladrillo (largo, ancho y espesor) en estado seco.
- ✓ Se limpian las caras de apoyo de las placas de carga para garantizar contacto uniforme entre la probeta y las placas de carga para distribuir contacto homogéneo.
- ✓ Se coloca una varilla de acero y se la ubica en la probeta en sentido tal que la carga se aplique perpendicular al eje más largo, centrada en la máquina de compresión, se la alinea cuidadosamente para que la línea de aplicación de carga pase por el centro geométrico de la sección transversal.
- ✓ Finalmente se aplica la carga monotónica hasta la rotura y se registra la resistencia mediante la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{2 * P}{\pi * L * D}$$

Donde:

σ = Esfuerzo de tracción
(kg/cm²)

P = Carga de rotura (kg)

L = Largo de la probeta (cm)

D = Diámetro de la probeta (cm)

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación de absorción, alabeo y variación dimensional del ladrillo artesanal elaborado

Tabla 3

Resultados del ensayo de absorción (%).

N°	0% de caucho	5% de caucho	10% de caucho	15% de caucho
1	24.43	20.48	19.90	18.52
2	25.11	20.15	19.57	18.35
3	24.60	21.16	19.77	18.39
4	23.84	20.56	21.26	14.48
5	24.34	20.42	19.85	18.03
Promedio	24.47	20.55	20.07	17.55

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 3, se observa que la absorción de humedad disminuye progresivamente a medida que aumenta el porcentaje de caucho reciclado en la mezcla. El ladrillo convencional (0% caucho) presenta la mayor absorción (24.47%), mientras que el tratamiento con 15% de caucho alcanza el valor más bajo (17.55%). Esto indica que la incorporación de caucho contribuye a reducir la porosidad del material, mejorando su resistencia a la penetración de agua.

Tabla 4

Análisis de varianza para el ensayo de absorción.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	P. valor	Signif.
Entre tratamiento	3	122.43	40.81	42.9	7.089E-08	< 0.05
Dentro de la muestra (error)	16	15.22	0.95			
Total	19	137.65				

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 4 se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los resultados de absorción arrojando un valor de $p = 7.089E-08$, el cual es considerablemente menor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados con distintas proporciones de caucho reciclado. En este contexto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) que planteaba igualdad de medias entre los grupos, y se acepta la hipótesis alternativa (H_1),

la cual sostiene que al menos uno de los tratamientos difiere significativamente de los demás.

Tabla 5

Resultados del ensayo de alabeo (mm).

N°	0% de caucho	5% de caucho	10% de caucho	15% de caucho
1	1.38	2.70	2.75	5.06
2	1.68	5.97	2.96	1.29
3	4.38	4.43	3.34	1.99
4	3.16	4.85	1.71	2.34
5	4.21	5.01	2.51	2.32
Alabeo máx. (mm)	4.38	5.97	3.34	5.06

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 5 se muestran que el alabeo no sigue una tendencia lineal con el incremento de caucho reciclado. El valor más bajo se obtiene con el 10% de caucho (3.34%), mientras que los tratamientos con 5% y 15% alcanzan mayores deformaciones (5.97% y 5.06%, respectivamente). Esto sugiere que existe un porcentaje óptimo de incorporación de caucho que contribuye a mejorar la estabilidad dimensional del ladrillo.

Tabla 6

Análisis de varianza para el ensayo de alabeo.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	P. valor	Signif.
Entre tratamiento	3	13.26	4.42	3.04	0.0594	> 0.05
Dentro de la muestra (error)	16	23.27	1.45			
Total	19	36.53				

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 6 se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los resultados de alabeo reportando un $p = 0.0594$, valor superior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). En consecuencia, no se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con diferentes porcentajes de caucho reciclado. Bajo este escenario, se acepta la hipótesis nula (H_0), que sostiene que las medias de alabeo son iguales entre

los grupos, y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1), la cual planteaba la existencia de diferencias significativas en esta propiedad del ladrillo.

Tabla 7

Resultados del ensayo de variación dimensional (mm).

N°	0% de caucho			5% de caucho			10% de caucho			15% de caucho		
	L	A	H	L	A	H	L	A	H	L	A	H
1	220.33	126.65	71.52	213.40	124.78	70.18	218.71	123.31	71.87	221.19	125.32	70.51
2	219.06	124.64	72.40	216.73	123.36	71.92	218.30	125.56	71.26	220.30	125.74	71.79
3	216.50	125.68	71.33	215.43	124.05	71.69	216.45	123.22	70.99	217.96	125.10	70.09
4	217.67	122.82	70.82	215.24	121.18	72.98	216.45	123.13	72.35	218.97	125.19	70.27
5	214.40	126.00	70.86	214.73	124.92	70.85	218.78	122.59	73.75	219.34	122.19	70.25
Promedio	217.59	125.16	71.38	215.10	123.66	71.52	217.73	123.56	72.04	219.55	124.70	70.58
Molde (mm)	235	135	75	235	135	75	235	135	75	235	135	75
Variación (%)	7.41	7.29	4.82	8.47	8.40	4.64	7.35	8.47	3.94	6.57	7.63	5.89

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 7 se aprecia los resultados de variación dimensional expresados en porcentajes, evidenciando diferencias moderadas respecto a las dimensiones del molde ($235 \times 135 \times 75$ mm). Para el largo, las variaciones se ubicaron entre 6.57% y 8.47%; en el ancho, entre 7.29% y 8.47%; y en la altura, entre 3.94% y 5.89%. Estas cifras muestran que, existen ligeras reducciones derivadas del proceso de secado y cocción. Además, la incorporación de caucho reciclado no altera significativamente la estabilidad dimensional de los ladrillos.

Tabla 8

Análisis de varianza para la Longitud (L) del ladrillo en el ensayo de variación dimensional.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	P. valor	Signif.
Entre tratamiento	3	50.04	16.68	6.90	0.0003408	< 0.05
Dentro de la muestra (error)	16	38.68	2.42			
Total	19	88.71				

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 8 se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variación dimensional en el Largo arrojando un $p = 0.0003408$, valor que resulta significativamente menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Esto evidencia que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con distintos porcentajes de caucho reciclado. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0), que planteaba igualdad de medias en la variación del largo, y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), confirmando que al menos uno de los tratamientos difiere de manera significativa de los demás.

Tabla 9

Análisis de varianza para el Ancho (A) del ladrillo en el ensayo de variación dimensional.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	P. valor	Signif.
Entre tratamiento	3	9.28	3.09	1.56	0.23694	> 0.05
Dentro de la muestra (error)	16	31.65	1.98			
Total	19	40.93				

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 9 se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) para el Ancho (A) arrojando un $p = 0.23694$, valor claramente superior al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Este resultado demuestra que no existen diferencias estadísticamente significativas en la variación dimensional del ancho entre los ladrillos elaborados con distintas proporciones de caucho reciclado. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) que sostiene la igualdad de medias y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el factor de adición de caucho no influye de manera relevante en esta dimensión.

Tabla 10

Análisis de varianza para la Altura (H) del ladrillo en el ensayo de variación dimensional.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	P. valor	Signif.
Entre tratamiento	3	5.49	1.83	2.73	0.1192	> 0.05
Dentro de la muestra (error)	16	12.89	0.81			
Total	19	18.38				

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 10 se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) respecto a la Altura (H) mostrando un $p = 0.1192$, superior al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Esto confirma que, al igual que en el ancho, no existen diferencias significativas entre los tratamientos, lo que permite aceptar la hipótesis nula (H_0) y rechazar la hipótesis alternativa (H_1). En consecuencia, se establece que la incorporación de caucho reciclado no afecta de manera sustancial la estabilidad dimensional en la altura del ladrillo artesanal.

4.2. Resistencia a la tracción y compresión del ladrillo artesanal elaborado con caucho reciclado

Tabla 11

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm^2).

N°	0% de caucho	5% de caucho	10% de caucho	15% de caucho
1	53.08	62.26	37.64	24.75
2	51.72	56.66	42.16	30.59
3	57.25	80.99	38.62	28.27
4	50.35	56.86	49.49	23.05
5	51.60	67.76	36.53	29.22
Promedio	52.80	64.90	40.89	27.18

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 11 se aprecian los resultados del ensayo de resistencia a la compresión, mostrando un comportamiento variable frente a la incorporación de caucho reciclado en los ladrillos artesanales. El valor más alto se registra en el tratamiento con 5% de caucho (64.90 kg/cm²), superando al ladrillo convencional (52.80 kg/cm²), lo que evidencia un refuerzo positivo en esta dosificación. Sin embargo, al incrementar la proporción de caucho a 10% y 15%, la resistencia disminuye significativamente a 40.89 kg/cm² y 27.18 kg/cm², respectivamente, indicando que porcentajes elevados afectan negativamente la capacidad estructural del material.

Tabla 12

Análisis de varianza para el ensayo de resistencia a la compresión.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	P. valor	Signif.
Entre tratamiento	3	3916.53	1305.51	35.68	2.56E-7	< 0.05
Dentro de la muestra (error)	16	585.45	36.59			
Total	19	4501.98				

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 12 se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión, arrojando un $p = 2.56E-07$, valor extremadamente inferior al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Este resultado demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con distintos porcentajes de caucho reciclado. En este sentido, se rechaza la hipótesis nula (H_0), que planteaba igualdad de medias en la resistencia a la compresión, y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), confirmando que al menos uno de los tratamientos difiere de manera significativa respecto a los demás. Estos hallazgos reflejan que la incorporación de caucho no tiene un efecto uniforme, sino que influye de manera diferenciada en la capacidad portante del ladrillo, observándose que ciertas dosificaciones mejoran la resistencia, mientras que otras generan disminuciones notorias.

Tabla 13

<i>Resultados del ensayo de resistencia a la tracción (kg/cm²).</i>				
N°	0% de caucho	5% de caucho	10% de caucho	15% de caucho
1	5.52	12.73	7.77	3.80
2	3.62	7.93	5.81	6.40
3	6.41	8.01	11.34	5.11
4	6.18	10.40	8.20	5.41
5	11.82	14.86	5.11	4.97
Promedio	6.71	10.78	7.64	5.14

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 13 se aprecian los resultados del ensayo de resistencia a la tracción, observándose que el mejor desempeño corresponde al tratamiento con 5% de caucho reciclado, alcanzando 10.78 kg/cm², valor superior al ladrillo convencional (6.71 kg/cm²). No obstante, con proporciones mayores de caucho, la resistencia tiende a disminuir, registrándose 7.64 kg/cm² en el 10% y 5.14 kg/cm² en el 15%. Esto evidencia que dosis moderadas optimizan la resistencia, mientras que excesos generan pérdidas significativas en el material.

Tabla 14

Análisis de varianza para el ensayo de resistencia a la tracción.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	P. valor	Signif.
Entre tratamiento	3	84.97	28.32	4.48	0.018184	< 0.05
Dentro de la muestra (error)	16	101.05	6.32			
Total	19	186.02				

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 14 se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) para la resistencia a la tracción, reportando un $p = 0.018184$, valor menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Este resultado indica igualmente la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos analizados. Por lo tanto, corresponde rechazar la hipótesis nula (H_0) de igualdad de medias y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), la cual establece que al menos una de las dosificaciones con caucho reciclado produce un

comportamiento distinto en la resistencia a la tracción del ladrillo. De este modo, se confirma que la adición de caucho afecta directamente esta propiedad mecánica, mostrando un desempeño más favorable en proporciones moderadas y una disminución progresiva con porcentajes elevados, lo que coincide con la tendencia observada en los ensayos experimentales.

4.3. Comparación de las propiedades de los ladrillos elaborados con la norma de albañilería E.070

Figura 4

Características que deben cumplir las unidades de albañilería para fines estructurales según la Norma E.070.

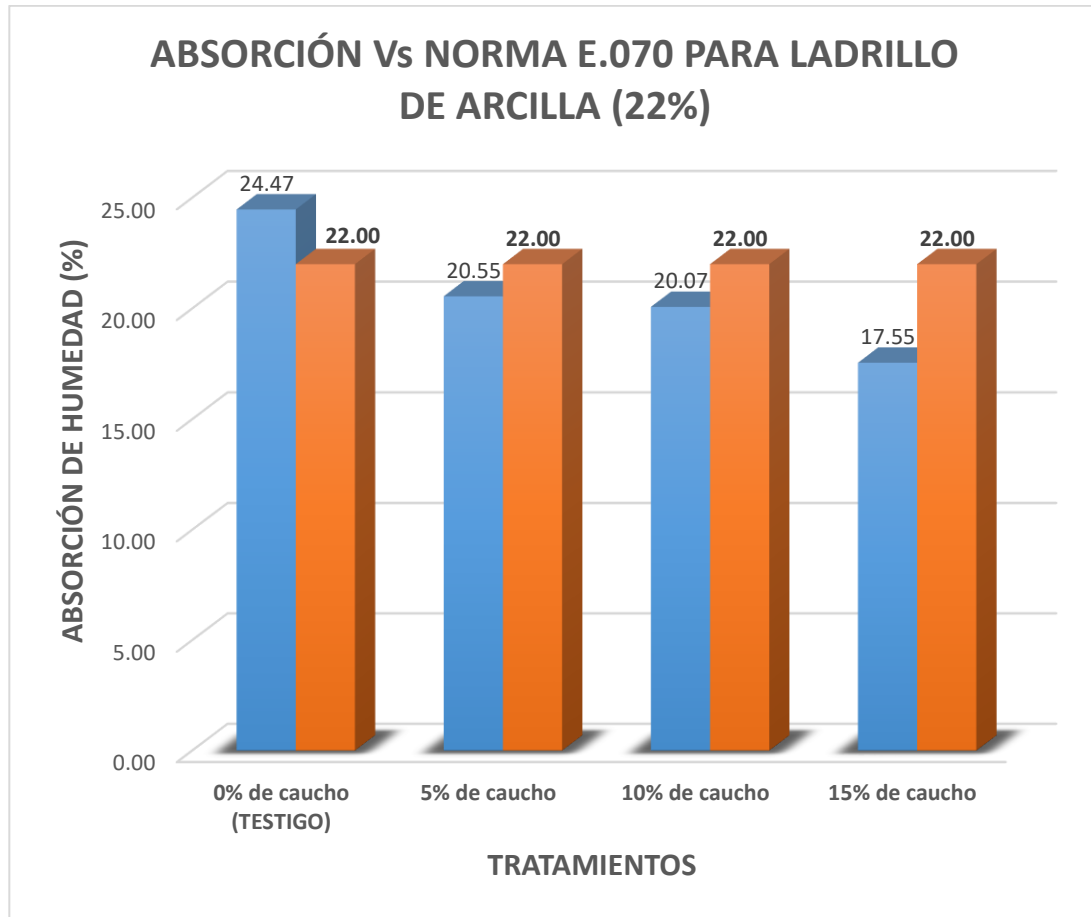
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Fuente: Obtenido de la Norma Técnica Peruana E.070 (2019).

La Figura 4 clasifica los ladrillos en función de su resistencia a la compresión y otros parámetros físicos, diferenciándolos en unidades de Tipo I, II, III, IV y V. Esta clasificación es de gran utilidad en la presente investigación, ya que permite establecer los parámetros normativos que deben cumplir los ladrillos de arcilla cocida elaborados, a fin de determinar si son aptos para ser utilizados en muros portantes o no portantes. De esta manera, los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión y demás parámetros pueden contrastarse con los valores exigidos por la norma, otorgando validez técnica y práctica a esta investigación.

Figura 5

Comparación de la absorción de humedad obtenida con lo establecido en la Norma E.070 (22%).



Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Figura 5 se comparan los resultados de absorción de humedad con lo establecido en la Norma Técnica E.070, que fija un valor máximo de 22% para que los ladrillos de arcilla cocida sean aceptados, se observa que el ladrillo convencional (0% caucho) excede dicho límite con 24.47%. En contraste, los tratamientos con 5%, 10% y 15% de caucho, con valores de 20.55%, 20.07% y 17.55% respectivamente, cumplen con la norma, demostrando que la incorporación de caucho mejora esta propiedad.

Figura 6

Comparación del alabeo obtenido con lo establecido en la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (10mm).

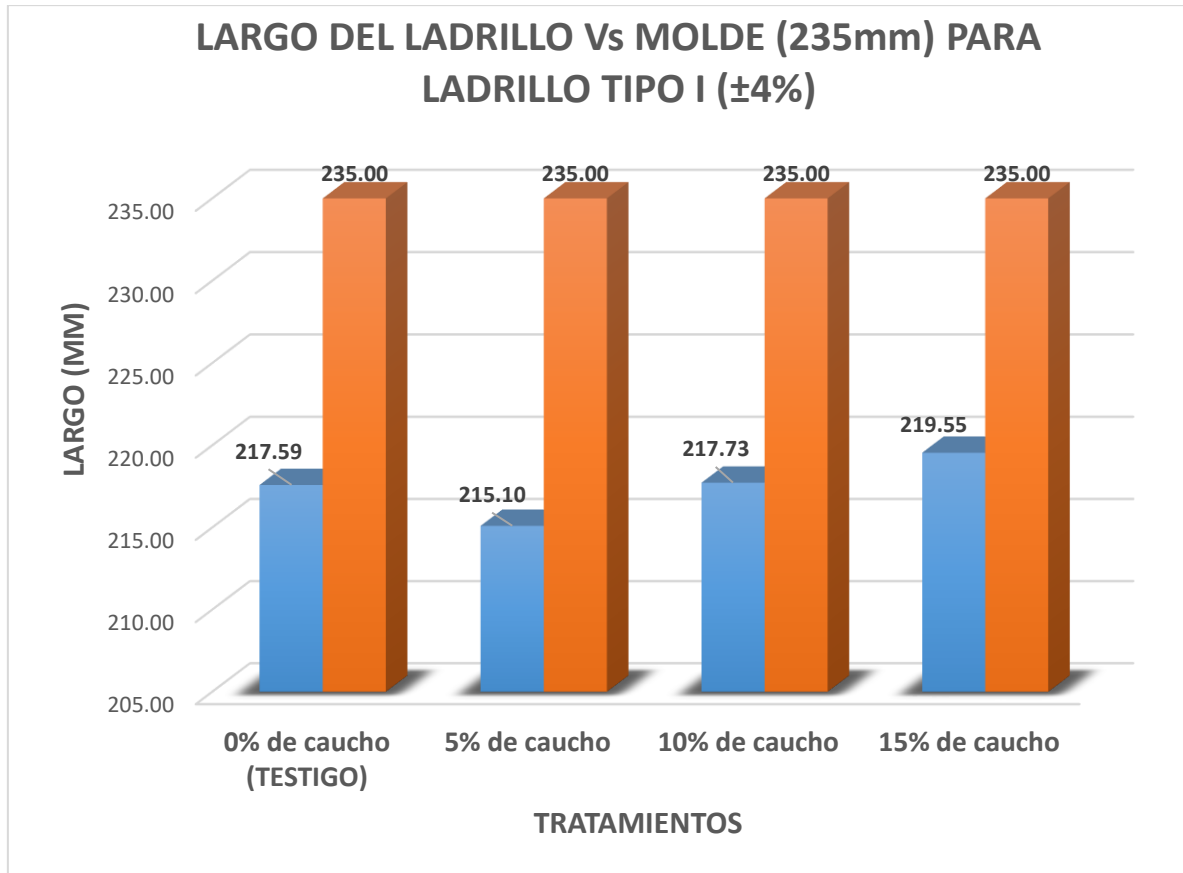


Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Figura 6 se comparan los resultados de alabeo con lo señalado en la Norma Técnica E.070, que establece un máximo de 10 mm para que los ladrillos sean aceptados como Tipo I, se aprecia que todos los tratamientos se encuentran dentro del límite permitido. El ladrillo convencional registró 4.38 mm, mientras que con 5% y 15% de caucho se alcanzaron 5.97 mm y 5.06 mm, respectivamente, y con 10% se obtuvo el valor más bajo (3.34 mm). Estos resultados confirman la estabilidad dimensional de los ladrillos fabricados.

Figura 7

Comparación de la variación dimensional del Largo (L) del ladrillo con la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (>150 mm).

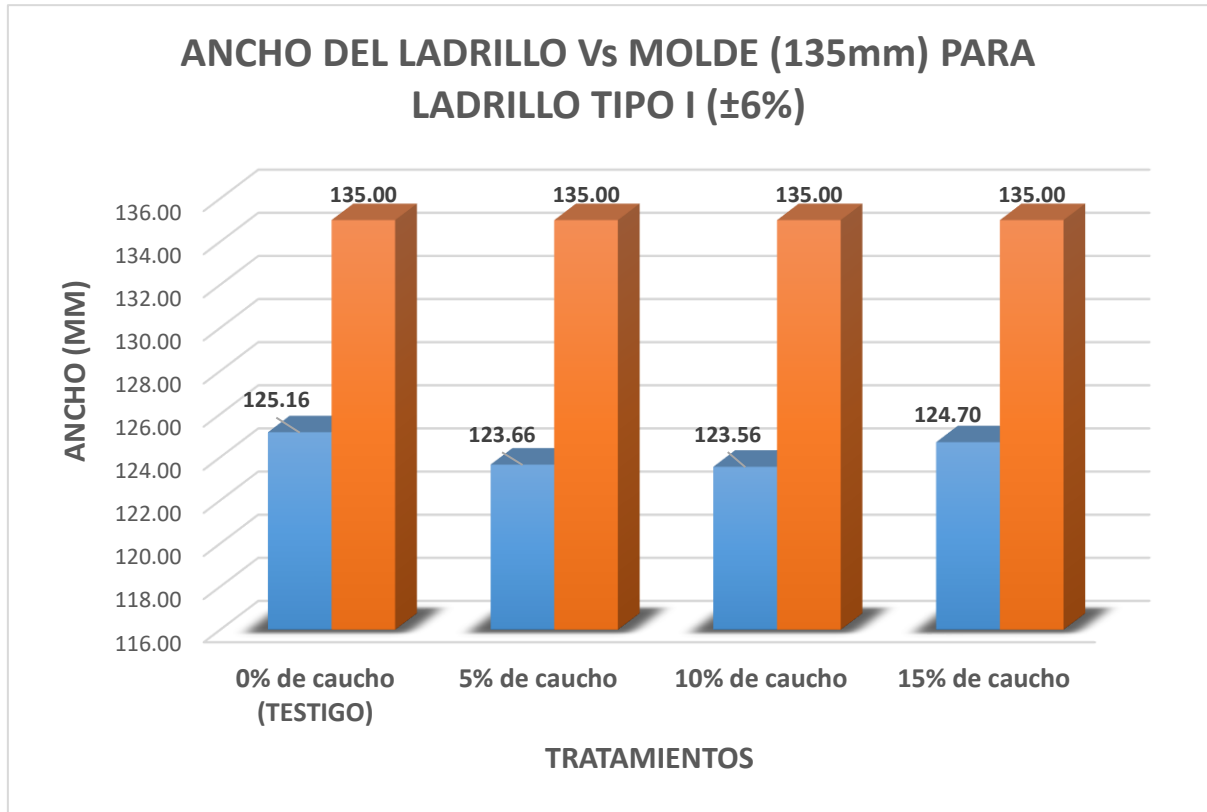


Fuente: Elaboración propia (2025).

La Figura 7 muestra la comparación del largo real de los ladrillos Tipo I frente al largo del molde de referencia (235 mm). En todos los tratamientos 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de caucho se observa que los valores obtenidos (217.59 mm, 215.10 mm, 217.73 mm y 219.55 mm, respectivamente) son menores al estándar del molde, evidenciando una contracción dimensional en todos los casos y estando fuera del límite aceptado por la norma.

Figura 8

Comparación de la variación dimensional del Ancho (A) del ladrillo con la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (≤ 150 mm).

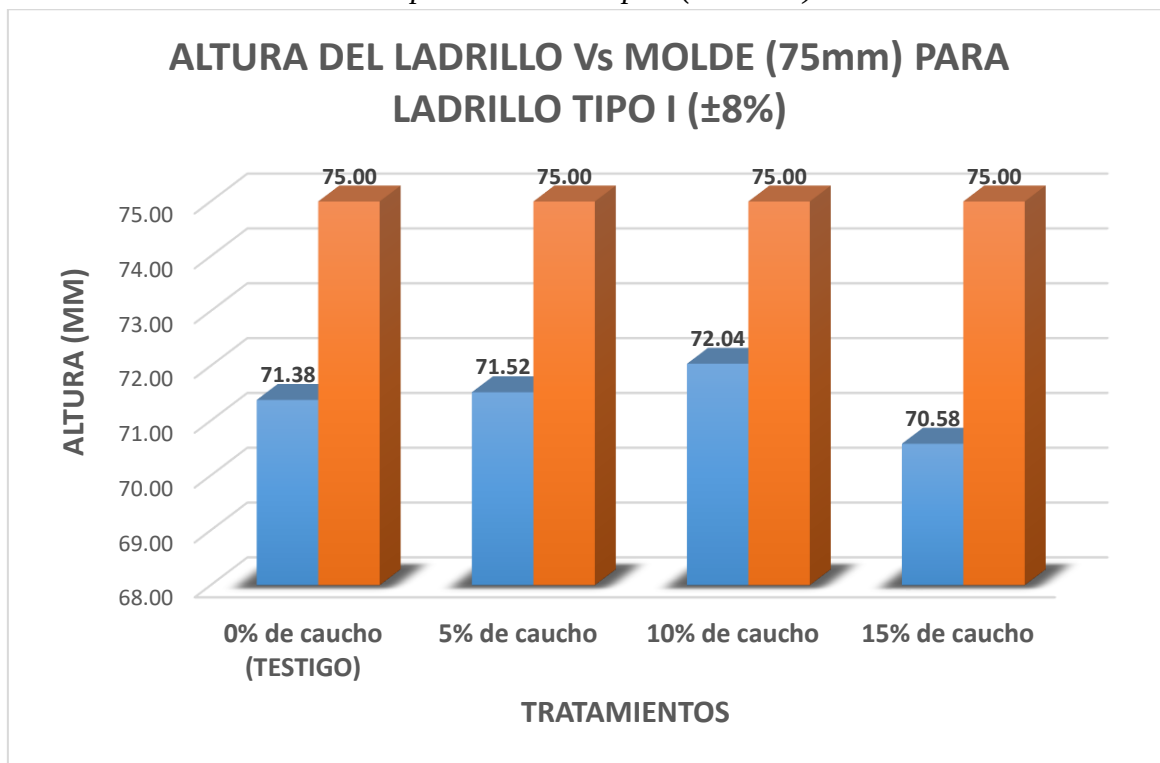


Fuente: Elaboración propia (2025).

La Figura 8 muestra la comparación del ancho promedio de los ladrillos fabricados frente al ancho nominal del molde (135 mm). En todos los tratamientos 0%, 5%, 10% y 15% de caucho los valores obtenidos (entre 123.56 mm y 125.16 mm) superan la variación del valor de referencia, estando fuera del límite de tolerancia permitido ($\pm 6\%$), evidenciando que la incorporación de caucho genera variaciones significativas en el ancho final del ladrillo.

Figura 9

Comparación de la variación dimensional de la Altura (H) del ladrillo con la Norma E.070 para ladrillos Tipo I ($\leq 100\text{mm}$).

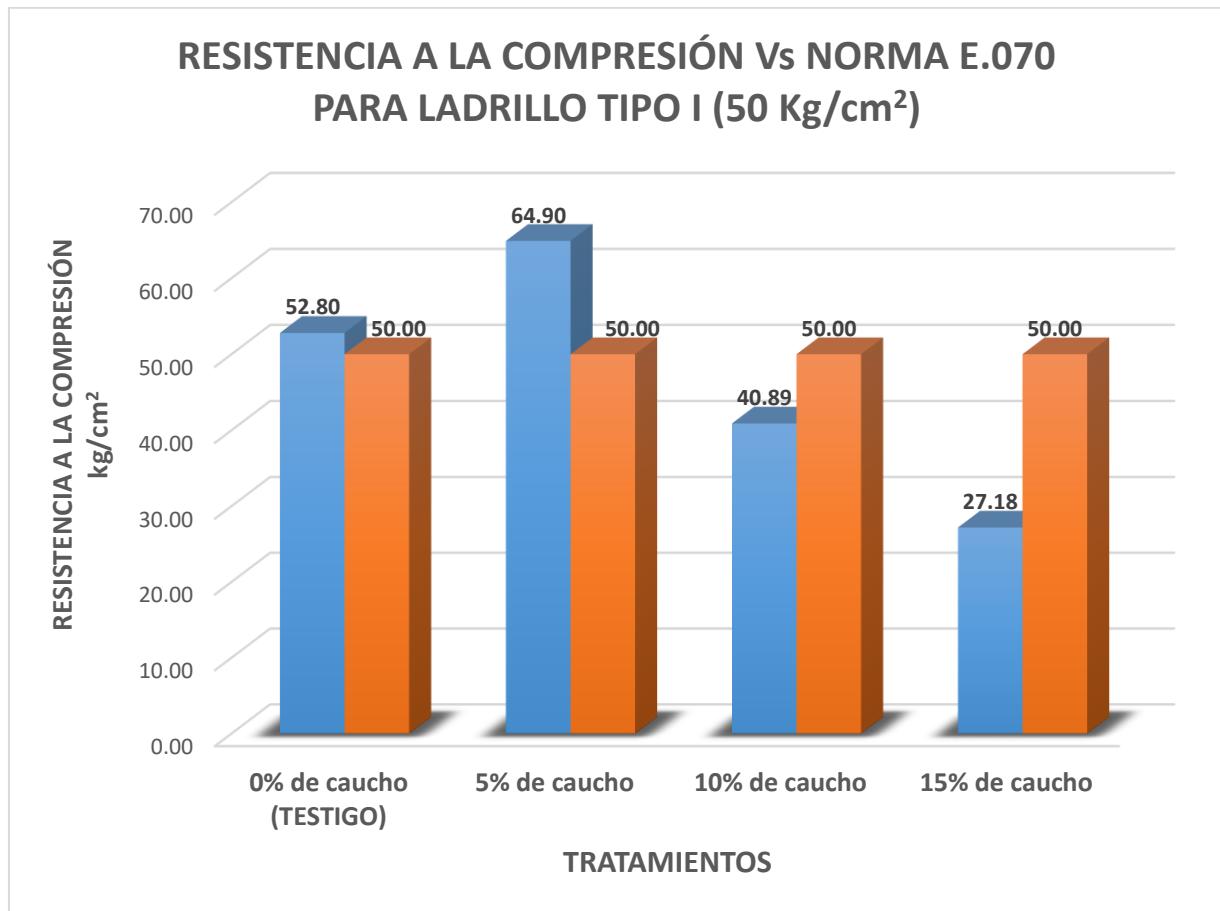


Fuente: Elaboración propia (2025).

La Figura 9 muestra la comparación entre la altura obtenida de los ladrillos fabricados con diferentes porcentajes de caucho reciclado y la altura nominal del molde (75 mm). En todos los tratamientos, la altura real (entre 70.58 mm y 72.04 mm) se mantiene dentro del rango de variación permitido ($\pm 8\%$). Asimismo, las variaciones son mínimas entre tratamientos, lo que indica que la incorporación de este material no genera una distorsión significativa en la dimensión de altura del ladrillo. Aunque en altura todas sus variaciones dimensionales están dentro del límite (3.94%–5.89%), la exigencia se debe cumplir en las tres aristas simultáneamente. En consecuencia, los ladrillos evaluados, tanto convencionales como con adición de caucho reciclado, no cumplen con las exigencias dimensionales mínimas para clasificarse como Tipo I y ningún otro tipo

Figura 10

Comparación de la resistencia a la compresión obtenida con lo establecido en la Norma E.070 para ladrillos Tipo I (50 kg/cm²).

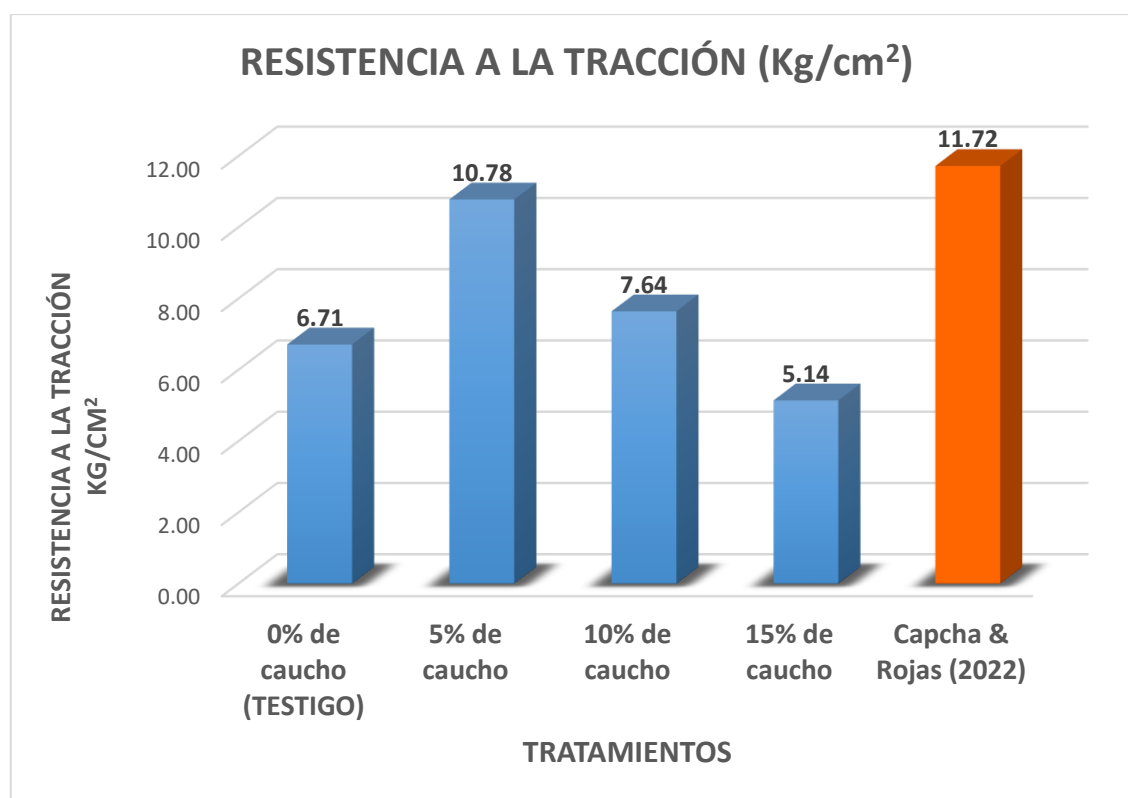


Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Figura 10 se comparan los resultados de resistencia a la compresión con la Norma E.070 para ladrillo Tipo I (50 kg/cm²), contrastando que solamente el ladrillo convencional (52.80 kg/cm²) y el de 5% de caucho (64.90 kg/cm²) cumplen como Tipo I, mientras que los ladrillos con 10% (40.89 kg/cm²) y 15% (27.18 kg/cm²) no son clasificables para ningún tipo.

Figura 11

Resistencia a la tracción obtenida de cada tratamiento (kg/cm²).



Fuente: Elaboración propia (2025).

La Figura 11 muestra que la resistencia a la tracción de los ladrillos elaborados varía según el porcentaje de caucho incorporado. Aunque la Norma Técnica E.070 no establece criterios de aceptación ni límites para este ensayo, la comparación con estudios previos permite contextualizar los resultados. En este sentido, Capcha & Rojas (2022) estudiaron combinaciones de ceniza de hoja de Maíz (m) y de cascara del trigo (t) en la resistencia mecánica del ladrillo de arcilla cocida. Los resultados para resistencia a la tracción fueron: 4.88 kg/cm² (m0%+t0%), 7.61 kg/cm² (m0%+t10%), 8.63 kg/cm² (m0%+t20%), 6.32 kg/cm² (m0%+t30%), 7.99 kg/cm² (m10%+t00%), 11.72 kg/cm² (m10%+t10%), 8.32 kg/cm² (m10%+t20%), 5.91 kg/cm² (m10%+t30%), 6.29 kg/cm² (m20%+t00%), 7.29 kg/cm² (m20%+t10%), 6.16 kg/cm² (m20%+t20%), 5.41 kg/cm² (m20%+t30%), 4.79 kg/cm² (m30%+t00%), 4.07 kg/cm² (m30%+t10%), 3.84 kg/cm² (m30%+t20%) y 3.08 kg/cm² (m30%+t30%).

El valor máximo de referencia reportado por Capcha y Rojas es de 11.72 kg/cm² (10% ceniza de hoja de Maíz + 10% ceniza de cascara de trigo). Al comparar este resultado con los obtenidos en la presente investigación, se observa que el ladrillo con

5% de caucho (10.78 kg/cm^2) es el que más se aproxima, presentando una diferencia de solo 0.94 kg/cm^2 , lo que indica un comportamiento mecánico muy cercano al óptimo alcanzado con cenizas. En contraste, el ladrillo convencional (6.71 kg/cm^2) se encuentra 5.01 kg/cm^2 por debajo, evidenciando una menor capacidad resistente; mientras que el tratamiento con 10% de caucho (7.64 kg/cm^2) presenta una diferencia de 4.08 kg/cm^2 , mostrando una mejora respecto al testigo, pero aún alejada del máximo. Finalmente, el tratamiento con 15% (5.14 kg/cm^2) es el más bajo, con una diferencia de 6.58 kg/cm^2 , lo que confirma una pérdida significativa de desempeño frente al valor de referencia.

En cuanto a la comparación interna de los resultados obtenidos en esta investigación, se evidencia que la resistencia a la tracción sigue una tendencia no lineal, donde el 5% de caucho (10.78 kg/cm^2) representa el punto óptimo, incrementando en 4.07 kg/cm^2 respecto al ladrillo convencional. Sin embargo, al aumentar el contenido de caucho, la resistencia disminuye progresivamente a 7.64 kg/cm^2 (10%) y 5.14 kg/cm^2 (15%), lo que implica reducciones de 3.14 kg/cm^2 y 5.64 kg/cm^2 respecto al valor máximo alcanzado. Este comportamiento confirma que existe un umbral óptimo de incorporación, donde pequeñas cantidades de caucho mejoran la capacidad de deformación y distribución de tensiones, pero porcentajes mayores generan discontinuidades internas que reducen la resistencia a la tracción del material.

V. DISCUSIÓN

Evaluación de absorción, alabeo y variación dimensional del ladrillo artesanal elaborado

Gambin *et al.*, (2023), en su investigación “Ecoladrillos: Alternativa para aprovechamiento de arcilla y grano de caucho reciclado”, cuyo objetivo fue evaluar la viabilidad de fabricar ladrillos con incorporación de grano de caucho reciclado en una matriz compuesta por arcilla, arena y cemento, concluyeron que la adición moderada de caucho permite obtener valores de absorción dentro de los límites normativos, evidenciando un adecuado comportamiento frente a la humedad. Asimismo, Arriagada *et al.*, (2023) en su investigación “Influencia en las propiedades mecánicas de ladrillos artesanales al incorporar caucho triturado en la fabricación”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del caucho triturado de neumáticos fuera de uso (NFU) en las propiedades de ladrillos artesanales, concluyeron que pequeñas proporciones de caucho no afectan negativamente la absorción y mejoran su comportamiento frente al agua. En la presente investigación, la absorción disminuye de 24.47% a 17.55% conforme se incrementa el caucho, por lo tanto, estos resultados son iguales, por qué en ambos estudios el caucho por ser un material sintético e impermeable limita la absorción de agua en el cuerpo del ladrillo.

Coaquira y Fernández (2024), en su investigación “Influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos ecológicos para mampostería, Abancay, 2023”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos de arcilla ecológicos para mampostería, concluyeron que el ensayo de alabeo evidencia que la incorporación de caucho influye significativamente en la estabilidad geométrica del ladrillo. En la presente investigación, los valores de alabeo (4.38, 5.97, 3.34 y 5.06 mm) no siguen una tendencia lineal, pero el menor valor se obtiene con 10% de caucho. En este sentido, los resultados son iguales, por qué el caucho es un material flexible y elástico, y al ser sometido a elevadas temperaturas debido al proceso de cocción del ladrillo, tiende a generar deformación en sus aristas de la pieza.

Pardo y Paredes (2023) en su investigación “Diseño y análisis de ladrillo con incorporación de caucho reciclado para aumentar la resistencia a esfuerzos horizontales

en zonas sísmicas, Trujillo 2022”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia de incorporar caucho reciclado de neumáticos en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos elaborados para mampostería, concluyeron que el alabeo y la variación dimensional se incrementan con mayores porcentajes de caucho, indicando que el material altera la estabilidad física del ladrillo. Asimismo, Coaquira y Fernández (2024) en su investigación “Influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos ecológicos para mampostería, Abancay, 2023”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos de arcilla ecológicos para mampostería, concluyeron que el caucho influye significativamente en la variación dimensional, especialmente en ancho y altura. En la presente investigación, se registran variaciones entre 6.57–8.47% en largo, 7.29–8.47% en ancho y 3.94–5.89% en altura. En este contexto, los resultados son iguales, por qué en ambos estudios la incorporación de caucho altera la estabilidad dimensional y volumétrica del ladrillo durante el proceso de secado y cocción, ya que posee propiedades de deformación.

Resistencia a la tracción y compresión del ladrillo artesanal elaborado con caucho reciclado

Los autores Arriagada *et al.*, (2023) en su investigación “Influencia en las propiedades mecánicas de ladrillos artesanales al incorporar caucho triturado en la fabricación”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del caucho triturado de neumáticos fuera de uso (NFU) en las propiedades de ladrillos artesanales; concluyeron que pequeñas proporciones de caucho generan ligeras mejoras en la resistencia a la compresión, mientras que contenidos elevados producen una disminución progresiva. Del mismo modo, Coaquira y Fernández (2023) en su estudio “Influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos ecológicos para mampostería, Abancay, 2023”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos de arcilla ecológicos para mampostería; concluyeron que la incorporación de este material altera significativamente la resistencia a la compresión, porque modifica la estructura interna de la matriz arcillosa. En la presente investigación se obtuvo un incremento de la resistencia a 64.90 kg/cm² con 5% de caucho y una reducción a 40.89 y 27.18 kg/cm² con 10% y 15% respectivamente. En este sentido, los resultados son iguales, por qué en ambos casos el 5% de caucho mejora la resistencia del

ladrillo, ya que, al ser un material flexible y elástico, la pieza se deforma más antes de su falla soportando más energía de carga, mientras que a porcentajes elevados el caucho disminuye la capacidad portante del ladrillo.

Por su parte, Gambin *et al.*, (2023) en su estudio “Ecoladrillos: Alternativa para aprovechamiento de arcilla y grano de caucho reciclado”, cuyo objetivo fue evaluar la viabilidad de fabricar ladrillos con incorporación de grano de caucho reciclado en una matriz compuesta por arcilla, arena y cemento; concluyeron que este material aporta un comportamiento más dúctil, permitiendo que las unidades soporten deformaciones antes de fallar a compresión. En esa misma línea, Krishnan *et al.*, (2024) en su investigación “Recuperación de cenizas volantes y caucho granulado en ladrillos de arcilla mediante metasilicato de sodio a baja temperatura de curado para producir geopolímero monocomponente (Preimpresión)”, cuyo objetivo fue desarrollar ladrillos estabilizados con caucho mediante activación alcalina; concluyeron que pequeñas fracciones de caucho mejoran la interacción entre partículas y la ductilidad, pero en contenidos elevados limitan la transferencia de esfuerzos a compresión. En el presente estudio, el incremento de resistencia en 5% y su caída en 10% y 15% reflejan este comportamiento, por lo tanto, en este contexto, los resultados son iguales, por qué el caucho en bajas dosis se deforma y soporta más energía, pero en altas proporciones disminuye la adherencia entre los componentes del barro del ladrillo.

Finalmente, Capcha & Rojas (2022) en su investigación “Influencia de ceniza de hoja de maíz y ceniza de cascara del trigo en compresión y tracción del ladrillo artesanal”, cuyo objetivo fue estudiar combinaciones de ceniza de hoja de Maíz y de cascara del trigo en la resistencia mecánica del ladrillo de arcilla cocida; concluyeron que conforma aumenta la cantidad de fibra orgánica en la estabilización de ladrillo artesanal, progresivamente también aumenta su resistencia a la tracción. En este sentido, los resultados difieren con esta investigación, por qué se ensayaron estabilizadores diferentes, ya que la fibra orgánica refuerza mejor la estructura de la pieza a mayor cantidad, en cambio el caucho en exceso debilita la adhesión de las partículas que conforman el barro dentro del ladrillo disminuyendo su resistencia.

Comparación de las propiedades de los ladrillos elaborados con la norma de albañilería E.070

Los autores Arriagada *et al.*, (2023), en su estudio “Influencia en las propiedades mecánicas de ladrillos artesanales al incorporar caucho triturado en la fabricación”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del caucho triturado de neumáticos fuera de uso (NFU) en las propiedades de ladrillos artesanales, concluyeron que las unidades presentaron valores de absorción menores al 22%, cumpliendo con la normativa chilena. En el presente estudio, los ladrillos con 5%, 10% y 15% de caucho registran 20.55%, 20.07% y 17.55%, respectivamente, cumpliendo también con el límite de la Norma E.070, a diferencia del testigo (24.47%). En este sentido, los hallazgos son iguales que esta investigación, por qué en ambos casos la incorporación de caucho reduce la absorción debido a que estas partículas son polímeros impermeables que limita la succión de agua y mejora su comportamiento frente a la humedad, cumpliendo con la Normativa.

Asimismo, Coaquira y Fernández (2024) en su investigación “Influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos ecológicos para mampostería, Abancay, 2023”, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del caucho reciclado de neumático en la elaboración de ladrillos de arcilla ecológicos para mampostería, concluyeron que su incorporación genera cambios significativos en absorción, alabeo y resistencia, pero aun así las unidades cumplen con la Norma E.070. En el presente estudio se observa que el alabeo (3.34–5.97 mm) se mantiene dentro de los límites permisibles, mientras que la variación dimensional en largo y ancho excede tolerancias. En este contexto, la tendencia es igual que esta investigación por qué en ambos casos el caucho altera la estructura interna del ladrillo, generando deformación por el proceso de secado y cocción, aunque sin comprometer propiedades clave como absorción y alabeo dentro de rangos normativos.

Por su parte, Gambin *et al.*, (2023) en su estudio “Ecoladrillos: Alternativa para aprovechamiento de arcilla y grano de caucho reciclado”, cuyo objetivo fue evaluar la viabilidad de fabricar ladrillos con incorporación de grano de caucho reciclado en una matriz compuesta por arcilla, arena y cemento; concluyeron que una adición moderada permite cumplir con requisitos mecánicos mínimos, manteniendo un comportamiento adecuado para mampostería. En el presente estudio, los tratamientos 0% (52.80 kg/cm²)

y 5% (64.90 kg/cm²) cumplen con el mínimo de 50 kg/cm² exigido por la Norma E.070, mientras que 10% y 15% no lo alcanzan. En este sentido, los resultados son iguales, por qué en ambos casos existe un contenido óptimo de caucho que al aumentar su volumen en exceso disminuye la capacidad de resistir cargas, afectando directamente la resistencia.

Finalmente, en este sentido, Capcha & Rojas (2022) en su investigación “Influencia de ceniza de hoja de maíz y ceniza de cascara del trigo en compresión y tracción del ladrillo artesanal”, cuyo objetivo fue estudiar combinaciones de ceniza de hoja de Maíz y de cascara del trigo en la resistencia mecánica del ladrillo de arcilla cocida; concluyeron que el 10% de ceniza de hoja de Maíz combinado con 10% cascara del trigo, ofrece una resistencia a la tracción de 11.72 kg/cm². Este resultado es diferente y superior a la máxima resistencia a la tracción de esta investigación 10.78 kg/cm², que fue obtenida con el 5% de caucho, por el motivo qué se ensayaron estabilizadores de naturaleza diferente, siendo el primero material orgánico y el segundo material sintético.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se determina que la incorporación de caucho reciclado influye de manera directa y significativa en la resistencia a la tracción y compresión del ladrillo artesanal fabricado en Jaén. Los análisis estadísticos confirman diferencias sustanciales entre los tratamientos, lo que demuestra que el porcentaje de adición modifica el comportamiento mecánico del material. Se identifica que dosificaciones moderadas (especialmente 5%) mejoran o mantienen niveles adecuados de resistencia, mientras que mayores contenidos provocan una disminución progresiva de la capacidad estructural del ladrillo

Al evaluar la absorción, el alabeo y la variación dimensional, se verifica que el caucho reciclado modifica selectivamente estas propiedades. La absorción presenta diferencias significativas ($p < 0.05$), evidenciando que el caucho reduce la capilaridad del material. En el alabeo no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), indicando que la incorporación de caucho no altera de forma relevante la estabilidad superficial del ladrillo. En cuanto a la variación dimensional, solo el largo mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), mientras que el ancho y la altura no ($p > 0.05$), determinándose que el caucho no afecta uniformemente la contracción del elemento.

Para la resistencia mecánica, el análisis ANOVA confirma diferencias estadísticamente significativas tanto en compresión ($p = 2.56E-07$) como en tracción ($p = 0.018184$), demostrando que los tratamientos no son equivalentes. Se comprueba que la dosificación óptima es 5%, pues aumenta la resistencia en ambos ensayos respecto al ladrillo convencional, mientras que dosificaciones de 10% y 15% generan reducciones notables. Por tanto, la incorporación de caucho influye de manera directa en las propiedades mecánicas, con efectos favorables en proporciones bajas y desfavorables en contenidos elevados.

Al comparar los resultados obtenidos con la Norma Técnica E.070, se establece que en absorción únicamente los tratamientos con 5%, 10% y 15% cumplen el límite máximo permitido (22%). En alabeo, los valores obtenidos corresponden a rangos admisibles para ladrillos Tipo III y IV. En variación dimensional, el largo y el ancho

exceden las tolerancias establecidas, mientras que la altura cumple con la norma. En resistencia a la compresión, solo los ladrillos 0% y 5% alcanzan el umbral mínimo para clasificarse como Ladrillo Tipo I. La resistencia a la tracción no es considerada para la clasificación normativa. En conjunto, aunque el tratamiento del 5% es el más favorable, la no conformidad dimensional impide clasificar plenamente los ladrillos como Tipo I; prevalece la resistencia a compresión para la clasificación general, pero las desviaciones dimensionales limitan su aceptación normativa final.

6.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda priorizar el uso de proporciones bajas de caucho reciclado (5% a 10%), dado que en estos rangos se logra un equilibrio entre las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo, sin comprometer significativamente su resistencia estructural.
- ✓ Complementar futuras investigaciones con ensayos de durabilidad (ciclos de humedad-sequedad, eflorescencia y resistencia a la intemperie) a fin de determinar el comportamiento de los ladrillos en condiciones ambientales reales.
- ✓ Desarrollar estudios piloto a nivel semi-industrial para validar la factibilidad técnica y económica de incorporar caucho reciclado en la producción artesanal de ladrillos en Jaén, evaluando tanto la calidad como los costos de fabricación.
- ✓ Dado que la resistencia a la tracción no está contemplada en la Norma E.070, se recomienda que futuras investigaciones generen datos suficientes que permitan sustentar la inclusión de esta propiedad en normativas nacionales, considerando su relevancia para el desempeño estructural.
- ✓ Fomentar el uso de caucho reciclado en la elaboración de materiales de construcción como alternativa sostenible, contribuyendo a la reducción de pasivos ambientales y ofreciendo una opción económica y viable para productores artesanales en la región.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriagada, G., Ávila, J. & Figueroa, J. (2023). Influencia en las propiedades mecánicas de ladrillos artesanales al incorporar caucho triturado en la fabricación. *Revista de Investigación Multidisciplinaria Iberoamericana (RIMI)*, 2(4). <https://revistarimi.net/index.php/home/article/view/112/125>
- ASTM International. (2023). ASTM C67-23: Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. ASTM International.
- ASTM International. (2023). ASTM D3967-23: Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens. ASTM International.
- Atencio, C. (2025). Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de caucho reciclado de NFU y tereftalato de polietileno (PET). *Scienceevolution*, 4(2), 210–222. <https://doi.org/10.61325/ser.v4i2.195>
- Capcha, Y., & Rojas, A. (2022). *Influencia de ceniza de hoja de maíz y ceniza de cascara del trigo en compresión y tracción del ladrillo artesanal*. [Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio institucional <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstreams/2b9d3bb6-2135-4abd-8b58-b08ed3db58c2/download>
- Carpi, A. y Egger, A. (2008). *La experimentación en la investigación científica: Variables y controles en la práctica*. Visionlearning. <https://www.visionlearning.com/es/library/Proceso-de-la-Ciencia/49/La-Experimentaci%C3%B3n-en-la-Investigacion-Cient%C3%ADfica/150#:~:text=La%20experimentaci%C3%B3n%20es%20un%20m%C3%A9todo,esta%20manipulaci%C3%B3n%20sobre%20otras%20variables.>
- Castro, P. (2023). *Evaluación de la Capacidad Máxima de la Albañilería Confinada, con Ladrillos Artesanales de Arcilla y de Concreto, en el Distrito de Cutervo, 2021*. Chiclayo. [Tesis de Pregrado. Universidad Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/6080>

- Cayotopa, C. (2019). *Resistencia a la compresión de ladrillos de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ agregado grueso por ladrillo y concreto reciclado, en diferentes porcentajes*. [Tesis de Pregrado. Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22301>
- Cutipa, G. (2023). *Ventajas y desventajas del uso de la observación, la entrevista y la encuesta en el proceso de la investigación*. Investigación científica. <https://guidocutipa.blog.bo/investigacion/ventajas-desventajas-observacion-entrevista-encuesta-proceso-investigacion/>
- Coaquira, B. y Fernández, M. (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]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d4b2242b-2088-47c0-9df1-8a9bcfd1f68d/content>
- Díaz de León, N. (2016). *Técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas*. FAD UAEMex. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63099/secme26877.pdf?sequence=1>
- Farceque, R & Gamonal, W. (2023). *Influencia de las macrofibras en la resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Jaén - 2022* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/521>
- Gambin, J., Bautista, T., Torrado, L., Serrano, M. & Pérez, D. (2023). Ecoladrillos: Alternativa para aprovechamiento de arcilla y grano de caucho reciclado. *Inquietud Empresa-rial*, 23(1), e15699. <https://doi.org/10.19053/01211048.15699>
- Guadalupe, J. (2019). *Diseño de ladrillo artesanal con vidrio triturado y puzolana para mejorar sus propiedades físico – mecánicas*. [Tesis de Pregrado. Universidad Peruana los Andes]. Repositorio institucional de la Universidad Peruana los Andes. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/796>

- Guanipa, M. (2010). Reflexiones básicas sobre investigación. *Brain Burning*. ISBN 978-980-6510-65-4—Libro (1.^a ed.).
<https://isbn.cloud/9789806510654/reflexiones-basicas-sobre-investigacion/>
- Ibarra, D. (2021). *Influencia del vidrio triturado en la resistencia a la compresión en los ladrillos de arcilla de la provincia de Chupaca*. [Tesis de Pregrado. Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio institucional de la Universidad Peruana Los Andes.
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4214>
- Krishnan, A., Wong, Y., Lin, Y. & Arulrajah, A. (2024). Reclamation of fly ash and crumb rubber in clay bricks using sodium metasilicate at low curing temperature to produce one-part geopolymer (Preprint). *First look materials today family of journal*. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=4866675>
- Llovera, D. & Tarrillo, C. (2023). *Resistencia a la compresión axial de un ladrillo trapezoidal, Cajamarca 2023*. [Tesis de Pregrado Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte.
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35962>
- Ministerio de la Producción (2010). *Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales*. Programa Regional de Aire Limpio (PRAL) y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).
<https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2010/abril/21/RM-102-2010-PRODUCE.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Edición mayo del 2016.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Morphol, J. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology On-line version ISSN 0717-9502 Int. Vol.35 no.1*.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Norma E.070. (2019). *Albañilería*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción – SENCICO.

<https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencic>

NTP 399.613. (2017). NTP 399.613 *Unidades de Albañilería*. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. <https://bit.ly/3c4e5uV>

Pardo, M. y Paredes, N. (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 Pregrado. Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/126791/Pardo_AMB-Paredes_CNA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, E. (2005). *Metodología de la investigación*. La creatividad, el rigor del estudio y la integridad son factores que transforman al estudiante en un profesionalista de éxito. https://www.academia.edu/37714580/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_Ernesto_A_Rodr%C3%ADguez_Moguel_LIBROSVIRTUA L

Rojas, R. (2022). *Resistencia mecánica de muros de albañilería con ladrillos de concreto modificados con ignimbrita, Arequipa 2021*. [Tesis de Pregrado. Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92691>

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento al Mg. Ing. Marcos Antonio Gonzales Santisteban, asesor de esta investigación, por su orientación, paciencia y valiosos aportes que han permitido el desarrollo y culminación de este trabajo. Asimismo, agradezco al jurado evaluador, por sus observaciones y sugerencias que enriquecieron este estudio. Mi gratitud se extiende a la Universidad Nacional de Jaén y, en especial, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, cuyos docentes, con su dedicación y compromiso, brindaron los conocimientos necesarios para mi formación académica y profesional, contribuyendo decisivamente a alcanzar este logro personal y académico.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada etapa de mi vida, y a mi familia, cuyo amor, apoyo incondicional y confianza han sido el pilar fundamental en mi formación. A ellos debo la motivación y perseverancia que me permitieron alcanzar esta meta académica.

El autor

ANEXOS

Anexo 01: Clasificación del suelo

PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025".		
UBICACIÓN	: FILA ALTA - PROVINCIA: JAÉN, CAJAMARCA		
CANTERA	: NO APLICA	CÓDIGO INTERNO	: ----
SOLICITANTE	: ROBLEDO GONZALES JEAN CARLOS	ENSAYO POR	: J.C.R.G.
CONT. DEL SOLICITANTE	: NO ESPECIFICA	F. DE RECEPCIÓN	: Julio-25
F. DE INICIO DE ENSAYO	: 14/07/2025	F. DE EMESIÓN	: Julio-25
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: 14/07/2025	PÁGINA	: 1 de 4

INFORME DE ENSAYO - 2025/F&M

SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

NTP 339.127.1998 (revisada el 2019)

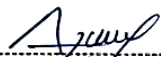
DATOS DE ENSAYO	Und	CONTENIDO DE HUMEDAD			
Calicata		C - 01			
Código Interno		: ----			
Estrato		E-2			
Coordenadas	UTM	Este	:	-----	Norte : -----
Profundidad	m	0.30 - 1.50			
N° de tara	----	10.12		10.11	
Tara + Suelo Húmedo	g	680.4		692.3	
Tara + Suelo Seco	g	636.2		657.4	
Masa de Agua	g	44.20		34.90	
Masa de Tara	g	0.00		0.00	
Masa del Suelo Seco	g	636.20		657.40	
Porcentaje de humedad	%	6.95		5.31	
Promedio	%	6.13			

Observaciones:

* Muestreo realizado por el Solicitante

* Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo

* En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió


MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025".
UBICACIÓN : FILA ALTA - PROVINCIA: JAÉN, CAJAMARCA
CANTERA : NO APLICA
SOLICITANTE : ROBLEDO GONZALES JEAN CARLOS
CONT. DEL SOLICITANTE : NO ESPECIFICA
F. DE INICIO DE ENSAYO : 14/07/2025
F. DE TERMINO DE ENSAYO : 14/07/2025
CÓDIGO INTERNO : ----
ENSAYO POR : J.C.R.G.
F. DE RECEPCIÓN : Julio-25
F. DE EMESIÓN : Julio-25
PÁGINA : 2 de 4

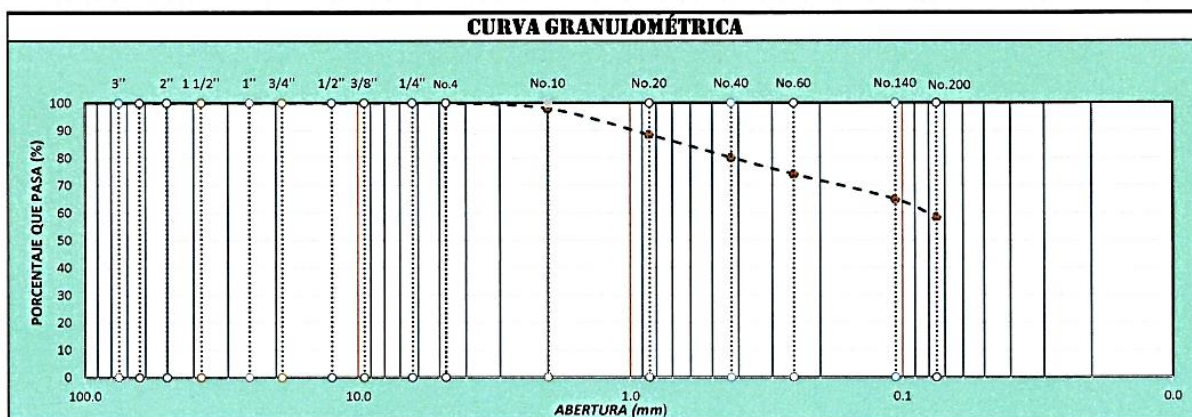
INFORME DE ENSAYO - 2025/F&M
 SUELOS.MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
 NTP 339.128.(2019)

PUNTO DE EXPLORACIÓN :C - 01 **Muestra: E - 02 (0.30 m - 1.50 m)**

TAMICES		PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
(Pul)	(mm)				
3"	75.000	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
2 1/2"	63.000	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
2"	50.000	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.500	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
1"	25.000	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
3/4"	19.000	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
1/2"	12.500	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
3/8"	9.500	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
1/4"	6.300	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
No. 4	4.750	0.0	0.0%	0.0%	100.0%
No. 10	2.000	9.8	2.0%	2.0%	98.0%
No. 20	0.850	48.0	9.6%	11.6%	88.4%
No. 40	0.425	41.7	8.3%	19.9%	80.1%
No. 60	0.250	30.5	6.1%	26.0%	74.0%
No. 140	0.106	45.8	9.2%	35.2%	64.8%
No. 200	0.075	32.4	6.5%	41.6%	58.4%
<No.200	FONDO	291.86	58.4%	100.0%	0.0%

MASA TOTAL:	500.0	g
MASA LAVADO:	208.1	g
MASA DE FINO:	291.9	g

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA			
% GRAVA	G.G. %	0.0%	0.0%
	G.F. %	0.0%	
% ARENA	A.G. %	2.0%	41.6%
	A.M. %	17.9%	
	A.F. %	21.7%	
% ARCILLA Y LIMO		58.4%	58.4%
TOTAL			100.0%



OBSERVACIONES:

- * Muestreo realizado por el Solicitante
- * Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- * En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

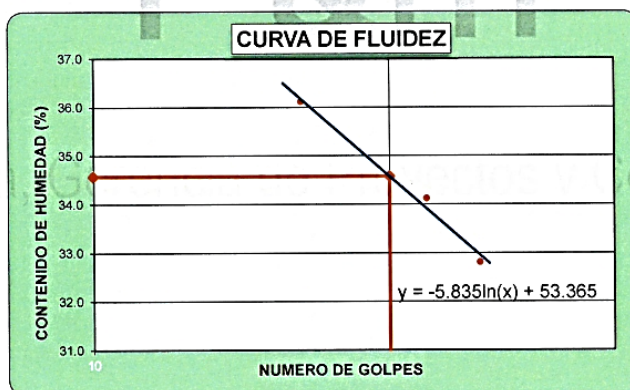
MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 152285
 ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025".		
UBICACIÓN	: FILA ALTA - PROVINCIA: JAÉN, CAJAMARCA		
CANTERA	: NO APLICA	CÓDIGO INTERNO	: ----
SOLICITANTE	: ROBLEDO GONZALES JEAN CARLOS	ENSAYO POR	: J.C.R.G.
CONT. DEL SOLICITANTE	: NO ESPECIFICA	F. DE RECEPCIÓN	: Julio-25
F. DE INICIO DE ENSAYO	: 14/07/2025	F. DE EMESIÓN	: Julio-25
F. DE TERMINO DE ENSAYO	: 14/07/2025	PÁGINA	: 3 de 4

INFORME DE ENSAYO - 2025/F&M

SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129.(2019)

PUNTO DE EXPLORACIÓN :C - 01				Muestra: E - 02	Profundidad: (0.30 m - 01.50 m)		
DATOS DE ENSAYO		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
Nº DE TARA		1	2	3	3	4	----
Nº DE GOLPES		19	28	33	----	----	----
TARRO + SUELO HÚMEDO	g.	32.21	29.97	31.44	13.17	15.27	----
TARRO + SUELO SECO	g.	25.43	23.94	25.30	12.15	14.45	----
AGUA	g.	6.78	6.03	6.14	1.02	0.82	----
MASA DEL TARRO	g.	6.66	6.27	6.59	6.39	9.67	----
MASA DEL SUELO SECO	g.	18.77	17.67	18.71	5.76	4.78	----
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%.	36.12	34.13	32.82	17.71	17.15	----



CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	35
LÍMITE PLÁSTICO	17
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	17

Aguilera
MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 152285
ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBSERVACIONES:

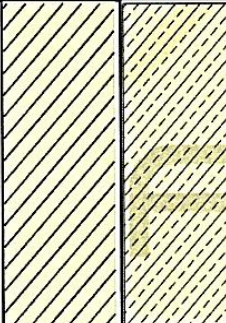
- * Muestreo realizado por el Solicitante
- * Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- * En el informe se indica que los resultados se aplican a la muestra como se recibió

NORMATIVA DE REFERENCIA:

- * NTP.339.127- SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (2019)

PROYECTO	: "INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025".		
UBICACIÓN	: FILA ALTA - PROVINCIA: JAÉN, CAJAMARCA	CÓDIGO INTERNO	: ----
SOLICITANTE	: ROBLEDO GONZALES JEAN CARLOS	MUESTRADO POR	: J.C.R.G.
CONT. DEL SOLICITANTE	: NO ESPECIFICA	NIVEL FREÁTICO	: NO PRESENTA
F. DE EXCAVACIÓN	: Julio-25	F. DE RECEPCIÓN	: Julio-25
F. DE MUESTRO	: Julio-25	PÁGINA	: 4 de 7

INFORME DE ENSAYO - 2025/F&M
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA

PUNTO DE EXPLORACION		C - 01		COORDENADAS		---		
PROFUNDIDAD	ESTRATO	SIMBOLOGÍA SUCS	SIMBOLOGÍA AASTHO	HUMEDAD	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	DESCRIPCIÓN VISUAL (IN - SITU)
0.10	0.3	E-1		---	---	---	---	Profundidad de 0.00 - 0.30m. Materia orgánica.
0.20								
0.30								
0.40	1.20	E-2		6.13%	35	17	17	Profundidad de 0.30 - 1.50m. Estrato clasificado en el Sistema "SUCS", como un suelo, "CL" "Arcilla de baja plasticidad", identificado en el sistema "ASTHO", como, "A-6 (3)". Conteniendo: Grava 0%, Arena 41,6% y Arcilla y Limo 58,4%, con un contenido de humedad bajo y sin presencia de la napa freática.
0.50								
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								

NOTA:

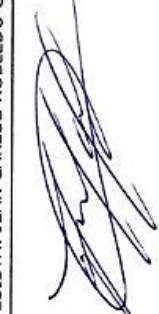
* N.F. = No presenta

OBSERVACIONES:

* Muestreo realizado por el solicitante


MINEYER HERNÁNDEZ ARCA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 152285
 ESP. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Anexo 02: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		RUC: 20487463737					
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		R. INDECOPI: REGISTRO: PAGINA: 1 - 4 Set-25					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA MTC E 704, NTP 339.034, ASTM C 39									
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025			FECHA: AGO - 2025					
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA								
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES									
TIPO DE MUESTRA :	LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		EQUIPOS MUESTREADO :	PRENSA HIDRAULICA UNIVERSAL. ALEATORIZADO					
N° DE ESPECIMEN	DESCRIPCION	FECHA DE ENSAYOS		EDAD	DIMENSIONES		RESISTENCIA		
		MOLDEO	ROTURA		MOLDEO	ROTURA	CARGA ROT.	RESISTENCIA	RESIST. PROMEDIO
0001	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	(dia)	(dia)	(dias)	L (cm)	area (cm²)	kg	(kg/cm²)	(%)
0002	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	12.67	22.03	14815.0	53.08	52.80
0003	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	12.46	21.91	14120.0	51.72	
0004	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	12.57	21.65	15580.0	57.25	
0005	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	12.28	21.77	13460.0	50.35	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO					JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO		TESTISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES		
									

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		RUC: 20487463737	R. INDECOPI: LERM-EA-01	Set-25	
LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES				REGISTRO: 4 - 4			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MTC E 704, NTP 339.034, ASTM C 39							
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025			FECHA: AGO - 2025			
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES			RESPONSABLE DE ENSAYO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES			
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA						
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES							
TIPO DE MUESTRA :	LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA	EQUIPOS :	PRENSA HIDRAULICA UNIVERSAL	TRANSPORTE Y CURADO: A LA INTERPERIE			
		MUESTREADO :	ALEATORIZADO				
N° DE ESPECIMEN	DESCRIPCION	FECHA DE ENSAYOS		DIMENSIONES		RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA	EDAD	CARGA ROT.	RESISTENCIA	RESIST. PROMEDIO
		(dia)	(dia)	(dias)	L (cm)	area (cm²)	(kg/cm²)
0001	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	12.53	22.12	277.16
0002	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	12.57	22.03	276.92
0003	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	12.51	21.80	272.72
0004	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	12.52	21.90	274.19
0005	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	12.22	21.93	267.98
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO		TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES			
		 Juan Carlos Robledo Gonzales INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505					
CARRERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN							

Anexo 03: Resultados del ensayo de resistencia a la tracción

		LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES		RUC: 20487463737					
		Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica, NTP 339.084, MTC E 708, ASTM 496		R. INDECOPI: REGISTRO: LERM-EA-01 PAGINA: 1 - 4					
PROYECTO: INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025		FECHA: Set-25							
SOLICITANTE: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES		ENSAYADO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES							
UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA									
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES									
TIPO DE MUESTRA: LADRILLO ARTESANAL SÓLIDO DE ARCILLA COCIDA		EQUIPO: ACCESORIO DE TRACCIÓN PRENSA HIDRÁULICA							
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Longitud de probeta (cm)(A)	Espesor de probeta (cm)(B)	Carga (kg) (C)	Esfuerzo=2C/ITAB	Promedio (kg/cm²)
1	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	22.18	7.12	1370.0	5.52	6.71
2	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	21.90	7.06	880.0	3.62	
3	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	21.60	7.08	1540.0	6.41	
4	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	21.61	7.06	1480.0	6.18	
5	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	21.32	7.15	2830.0	11.82	

RESPONSABLE DEL LABORATORIO	JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO	TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES
	 David González Domínguez INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505	

GEL: 929753615
www.unj.edu.pe

CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN

		LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES				RUC: 20487463737
		Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica, NTP 339.084, MTC E 708, ASTM 496				R. INDECOPI: _____ REGISTRO: LERM-EA-01 PAGINA: 2 - 4
PROYECTO: INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025 SOLICITANTE: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA		FECHA: Set-25 ENSAYADO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES				
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES						
TIPO DE MUESTRA:		LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		ACCESORIO DE TRACCIÓN PRENSA HIDRÁULICA		
EQUIPO:		Fecha de rotura		Edad (días)		
Descripción		Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Longitud de probeta (cm)(A)	
N°					Espeor de probeta (cm)(B)	
1	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.32	
2	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.55	
3	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.43	
4	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.62	
5	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.48	
					Carga (Kg) (C)	
					2950.0	
					1980.0	
					1990.0	
					2550.0	
					3680.0	
					Esfuerzo=(2C/TTAB)	
					12.73	
					7.93	
					8.01	
					10.40	
					14.86	
					Promedio (kg/cm2)	
					10.78	

RESPONSABLE DEL LABORATORIO	JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO	TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES
		
CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN CEL: 929763815 www.unj.edu.pe		



LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica, NTP 339.084, MTC E 708, ASTM 496

RUC: 20487463737

R. INDECOPI: LERIM-EA-01

REGISTRO: 3 - 4

PROYECTO: INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN – 2025

SOLICITANTE: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES

UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA

FECHA: Set-25

ENSAYADO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES

DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES									
TIPO DE MUESTRA:		EQUIPO:		ACCESORIO DE TRACCIÓN					
LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		PRENSA HIDRÁULICA							
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Longitud de probeta (cm)[A]	Espesor de probeta (cm)[B]	Carga (kg) (C)	Esfuerzo=(2C/TTAB)	Promedio (kg/cm2)
1	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.87	7.12	1900.0	7.77	7.64
2	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.85	7.27	1450.0	5.81	
3	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.68	7.07	2730.0	11.34	
4	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.56	7.17	1990.0	8.20	
5	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.95	7.27	1280.0	5.11	

RESPONSABLE DEL LABORATORIO



JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Dra. Gladys Domínguez
INGENIERO CIVIL
Colegiatura 302505

TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES



CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYAGU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN

CEL: 929753615
www.unj.edu.pe

LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica, NTP 339.084, MTC E 708, ASTM 496

RUC: 20487463737
R. INDECOPI: LERM-EA-01
REGISTRO: 4 - 4
PAGINA:

PROYECTO: INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025
SOLICITANTE: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES
UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: CAJAMARCA

FECHA: Set-25
ENSAYADO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES

DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES

TIPO DE MUESTRA:		EQUIPO:		ACCESORIO DE TRACCIÓN					
LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		PRENSA HIDRÁULICA							
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Longitud de probeta (cm)(A)	Espeor de probeta (cm)(B)	Carga (kg) (C)	Esfuerzo=(2C/πAB)	Promedio (kg/cm2)
1	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	22.10	7.12	940.0	3.80	5.14
2	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.99	6.88	1520.0	6.40	
3	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.92	7.16	1260.0	5.11	
4	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.91	7.03	1310.0	5.41	
5	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	8/08/2025	21	21.96	6.77	1160.0	4.97	

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES

CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAEN - JAEN
CEL: 929753615
www.unj.edu.pe

Anexo 04: Resultados del ensayo de absorción

		LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES				RUC: 20487463737 R. INDECOPI: REGISTRO: LERM-EA-01 PAGINA: 1 - 4		
		Método de ensayo normalizado para la determinación de absorción de humedad en unidades de albañilería - NTP 399.613						
PROYECTO: SOLICITANTE: UBICACIÓN:		INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025 JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA				FECHA: Set-25 ENSAYADO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES		
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES								
TIPO DE MUESTRA: LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		EQUIPO: Horno eléctrico						
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Peso del ladrillo seco (gr)	Peso del ladrillo saturado 24 (gr)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)
1	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2311.50	2876.20	24.43	24.47
2	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2311.40	2891.90	25.11	
3	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2326.40	2898.70	24.60	
4	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2269.80	2810.90	23.84	
5	Ladrillo con 0% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2316.20	2880.00	24.34	

RESPONSABLE DEL LABORATORIO 	JEFE DE ENSAYOS DEL LABORATORIO   Daniel Camacho Dominguez INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505	TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES 
CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN		CEL: 929753615 www.unj.edu.pe

		LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES										RUC: 20487463737 R. INDECOPI: REGISTRO: LERM-EA-01 PAGINA: 2 - 4
		Método de ensayo normalizado para la determinación de absorción de humedad en unidades de albañilería - NTP 399.613										
PROYECTO: INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025 SOLICITANTE: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA		FECHA: Set-25		ENSAYADO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES												
TIPO DE MUESTRA: LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		EQUIPO: Horno eléctrico										
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Peso del ladrillo seco (gr)	Peso del ladrillo saturado 24 (gr)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)				
1	Ladrillo con 5% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2454.70	2957.30	20.48	20.55				
2	Ladrillo con 5% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2500.30	3004.00	20.15					
3	Ladrillo con 5% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2532.70	3068.60	21.16					
4	Ladrillo con 5% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2522.30	3040.80	20.56					
5	Ladrillo con 5% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2526.30	3042.10	20.42					
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DEL LABORATORIO		TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
		  Juan Carlos Robledo Gonzales INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505										
CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN												
CEL: 929753615 www.unj.edu.pe												

		LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES										RUC: 20487463737 R. INDECOPI: LERM-EA-01 REGISTRO: 3 - 4
		Método de ensayo normalizado para la determinación de absorción de humedad en unidades de albanilería - NTP 399.613										
PROYECTO: SOLICITANTE: UBICACIÓN:		INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025 JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA										FECHA: Set-25 ENSAYADO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES
TIPO DE MUESTRA:		DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES										
LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		EQUIPO:		Horno eléctrico								
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Peso del ladrillo seco (gr)	Peso del ladrillo saturado 24 (gr)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)				
1	Ladrillo con 10% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2691.90	3227.50	19.90	20.07				
2	Ladrillo con 10% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2713.90	3245.10	19.57					
3	Ladrillo con 10% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2647.00	3170.20	19.77					
4	Ladrillo con 10% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2699.10	3273.00	21.26					
5	Ladrillo con 10% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2678.20	3209.80	19.85					
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO		TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES 								
				Dr. C. Camacho Dominguez INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505								
CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAEN - JAEN												
CEL: 929763616 www.unj.edu.pe												

		LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES										RUC: 20487463737 R. INDECOPI: REGISTRO: LERM-EA-01 PAGINA: 4 - 4
		Método de ensayo normalizado para la determinación de absorción de humedad en unidades de albañilería - NTP 399.613										
PROYECTO: INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025 SOLICITANTE: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA		FECHA: Set-25		ENSAYADO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES												
TIPO DE MUESTRA:		LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		EQUIPO:		Horno eléctrico						
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Peso del ladrillo seco (gr)	Peso del ladrillo saturado 24 (gr)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)				
1	Ladrillo con 15% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2597.1	3078.2	18.52	17.55				
2	Ladrillo con 15% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2601.5	3078.9	18.35					
3	Ladrillo con 15% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2564.6	3036.3	18.39					
4	Ladrillo con 15% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2682.3	3070.6	14.48					
5	Ladrillo con 15% caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	8/08/2025	21	2626.2	3099.6	18.03					
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DEL LABORATORIO		TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
		 Dpto. Cajamarca INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505										
CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAEN - JAEN												
										CEL: 929753615 www.unj.edu.pe		

Anexo 05: Resultados del ensayo de alabeo

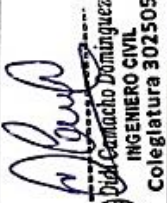
		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		RUC: 20487463737							
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		R. INDECOPI: REGISTRO: PAGINA: FECHA 1-4 Set-25							
Método de ensayo normalizado para la determinación de Alabeo en unidades de albañilería - NTP 399.613											
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025			FECHA: AGO - 2025							
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES										
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA										
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES											
TIPO DE MUESTRA :		LADRILLO ARTESANAL SOLIDO	MATERIAL Y EQUIPOS :	CUNA MILIMÉTRICA METÁLICA, BERNIER, REGLA METÁLICA, PLACA LISA							
N° DE ESPECIMEN	DESCRIPCION	FECHA DE ENSAYOS		EDAD (días)	CONVEXIDAD (mm)			CONCAVIDAD (mm)		ALABEO POR PIEZA (mm)	
		MOLDEO (día)	ROTURA (día)		Lado izq (M1)	Lado der (M2)	Lado izq (M2)	Lado der (M1)	Medida 1		Medida 2
0001	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	1.38	1.13	0.39	1.05	1.25	0.71	1.38
0002	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	0.32	0.53	1.40	1.68	0.42	1.53	1.68
0003	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	4.38	1.53	2.35	2.92	2.95	2.63	4.38
0004	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	1.49	3.16	0.63	0.00	2.32	0.31	3.16
0005	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	18/07/2025	7/08/2025	20	0.49	4.21	0.11	0.46	2.34	0.28	4.21
					ALABEO MAXIMO =			4.38			
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO			TESTISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES						
		 Dr. Domingo Domínguez INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505									
CARRERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN											

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		RUC: 20487463737							
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		R. INDECOPI: REGISTRO: PAGINA: LERM-EA-01 2 - 4 Set-25							
Método de ensayo normalizado para la determinación de Alabeo en unidades de albañilería - NTP 399.613											
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025			FECHA: AGO - 2025							
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES										
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA										
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES											
TIPO DE MUESTRA :	LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA	MATERIAL Y EQUIPOS :	CUÑA MILIMÉTRICA METÁLICA, BERNIER, REGLA METÁLICA, PLACA LISA.								
Nº DE ESPECIMEN	DESCRIPCION	FECHA DE ENSAYOS		EDAD (días)	CONVEXIDAD (mm)		CONCAVIDAD (mm)		ALABEO POR PIEZA (mm)		
		MOLDEO (día)	ROTURA (día)		Lado Izq (M1)	Lado Izq (M2)	Lado der (M1)	Lado der (M2)		Medida 1	Medida 2
0001	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	0.48	1.63	0.85	2.70	1.05	1.77	2.70
0002	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	1.75	5.91	2.64	5.97	3.82	4.30	5.97
0003	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	1.75	4.43	0.15	2.95	3.08	1.54	4.43
0004	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	3.07	2.42	1.33	4.85	2.74	3.08	4.85
0005	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	1.82	1.11	5.01	2.14	1.46	3.57	5.01
									ALABEO MAXIMO =		5.97
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO		TESISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES							
		 Didi Camacho Domínguez INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505									
CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN											

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		RUC: 20487463737										
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		R. INDECOPI: REGISTRO: PAGINA: FECHA LERM-EA-01 3 - 4 Set-25										
Método de ensayo normalizado para la determinación de Alabeo en unidades de albañilería - NTP 399.613														
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025			FECHA: AGO - 2025										
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES													
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA													
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES														
TIPO DE MUESTRA :	LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA	MATERIAL Y EQUIPOS :	CUÑA MILIMÉTRICA METÁLICA, BERNIER, REGLA METÁLICA, PLACA LISA.											
N° DE ESPECIMEN	DESCRIPCION	FECHA DE ENSAYOS		EDAD	CONVEXIDAD (mm)	CONCAVIDAD (mm)	ALABEO POR PIEZA (mm)							
		MOLDEO	ROTURA	(día)				(días)						
		(día)	(día)	(día)				(día)						
		18/07/2025	7/08/2025	20				2.09	2.26	2.67	2.75	2.17	2.70	2.75
		18/07/2025	7/08/2025	20				2.96	1.68	2.06	2.38	2.31	2.21	2.96
		18/07/2025	7/08/2025	20				3.34	0.40	2.49	1.78	1.86	2.13	3.34
		18/07/2025	7/08/2025	20				0.25	1.63	1.50	1.71	0.93	1.60	1.71
0001	Ladrillo con 10% de caucho reciclado			20	2.51	0.48	0.92	0.84	1.46	0.87	2.51			
0002	Ladrillo con 10% de caucho reciclado			20							2.51			
0003	Ladrillo con 10% de caucho reciclado			20							2.51			
0004	Ladrillo con 10% de caucho reciclado			20							2.51			
0005	Ladrillo con 10% de caucho reciclado			20							2.51			
					ALABEO MAXIMO =		3.34							
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO			TESTISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES									
														

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		RUC: 20487463737	R. INDECOPI: LERM-EA-01	Set-25					
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		REGISTRO: 4 - 4	FECHA						
Método de ensayo normalizado para la determinación de Alabeo en unidades de albañilería - NTP 399.613											
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025				FECHA: AGO - 2025						
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES										
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA										
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES											
TIPO DE MUESTRA :	LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		MATERIAL Y EQUIPOS :	CUNA MILIMÉTRICA METÁLICA, BERNIER, REGLA METÁLICA, PLACA LISA.		TRANSPORTE Y CURADO: : A LA INTERPERIE					
N° DE ESPECIMEN	DESCRIPCION	FECHA DE ENSAYOS			CONVEXIDAD (mm)			CONCAVIDAD (mm)		ALABEO POR PIEZA (mm)	
		MOLDEO (dia)	ROTURA (dia)	EDAD (dias)	Lado izq (M1)	Lado der (M2)	Lado izq (M2)	Lado der (M1)	Medida 1		Medida 2
0001	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	2.12	5.06	2.36	1.31	3.58	1.83	Maximo
0002	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	0.01	1.00	1.29	0.95	0.50	1.11	1.29
0003	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	1.78	1.99	0.00	0.11	1.88	0.05	1.99
0004	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	2.34	2.27	2.30	1.81	2.30	2.05	2.34
0005	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	18/07/2025	7/08/2025	20	0.78	1.43	0.41	2.32	1.10	1.36	2.32
										ALABEO MAXIMO = 5.06	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO			TESTISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES						
		 Juan Carlos Robledo Gonzales INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505									
CARRETERA JAÉN-SAN IGNACIO KM 24 SECTOR YANUYACU CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN							CELL: 9297536 W: www.unj.edu.pe				

Anexo 06: Resultados del ensayo de variación dimensional

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		RUC: 20487463737								
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		R. INDECOPI: REGISTRO: PAGINA: FECHA LERM-EA-01 1 - 4 Set-25								
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA - NTP 399.604 / NTP 399.613												
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO			FECHA: AGO - 2025								
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES			RESPONSABLE DEL ENSAYO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA											
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES												
TIPO DE MUESTRA :		LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		FECHA DE MOLDEO : 18/07/2025								
				FECHA DE ENSAYO : 7/08/2025								
N° DE ESPECIMEN	DESCRIPCIÓN	LARGO (mm)			ANCHO (mm)			ALTURA (mm)				
		L1	L2	LP	A1	A2	AP	H1	H2	H3	H4	HP
0001	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	218.91	221.75	220.33	126.03	127.27	126.65	74.12	70.67	70.46	70.83	71.52
0002	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	219.12	219.00	219.06	125.52	123.76	124.64	71.21	74.52	71.88	71.97	72.40
0003	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	216.97	216.02	216.50	124.76	126.59	125.68	73.14	69.72	70.23	72.24	71.33
0004	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	219.19	216.14	217.67	121.06	124.57	122.82	71.39	69.87	71.43	70.57	70.82
0005	Ladrillo con 0% de caucho reciclado (Testigo)	215.60	213.20	214.40	124.89	127.11	126.00	72.50	69.29	71.44	70.21	70.86
Medida promedio (mm)		MP = 217.59			125.16							
Media del molde de fabricación (mm)		MF = 235.00			135.00							
Desviación estándar		Desv. Est = 2.29			1.50							
Variación dimensional (%)		V% = 7.41%			7.29%							
								71.38 75.00 0.64 4.82%				
RESPONSABLE DEL LABORATORIO					Jefe de Ensayos de Laboratorio			TESTISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES 				
LABORATORIO ENSAYOS Y RESISTENCIA					INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505							

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		RUC: 20187463737								
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		R. INDECOPI: REGISTRO: PAGINA: FECHA 2 - 4 Set-25								
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBANILERÍA - NTP 399.604 / NTP 399.613												
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025			FECHA: AGO - 2025								
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES											
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA											
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES												
TIPO DE MUESTRA :		LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA		FECHA DE MOLDEO : 18/07/2025 FECHA DE ENSAYO : 7/08/2025								
Nº DE ESPECIMEN	DESCRIPCIÓN	LARGO (mm)		ANCHO (mm)		ALTURA (mm)						
		L1	L2	LP	A1	A2	AP	H1	H2	H3	H4	HP
0001	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	213.15	213.65	213.40	123.09	126.46	124.78	71.92	68.12	70.48	70.19	70.18
0002	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	215.45	218.01	216.73	121.89	124.82	123.36	70.46	73.01	72.84	71.35	71.92
0003	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	214.31	216.54	215.43	123.25	124.85	124.05	73.67	70.84	71.08	71.18	71.69
0004	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	216.20	214.27	215.24	119.39	122.97	121.18	74.46	71.28	72.89	73.29	72.98
0005	Ladrillo con 5% de caucho reciclado	214.80	214.65	214.73	123.78	126.05	124.92	68.88	71.44	71.06	72.03	70.85
Medida promedio (mm)		MP = 215.10				123.66						
Media del molde de fabricación (mm)		MF = 235.00				135.00						
Desviación estándar		Desv. Est = 1.21				1.52						
Variación dimensional (%)		V% = 8.47%				8.40%						
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Jefe de Ensayos de Laboratorio		Tesisista: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
												

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		RUC: 20487463737
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		R. INDECOPI: REGISTRO: LERM-EA-01 PAGINA: 3 - 4 FECHA: Set-25
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA - NTP 399.604 / NTP 399.613				
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN - 2025			FECHA: AGO - 2025
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES			
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA			
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES				
TIPO DE MUESTRA :	LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA	FECHA DE MOLDEO : 18/07/2025	DIMENSIONES DEL MODE DE FABRICACIÓN: L= 235 mm A=135 mm H= 75 mm	
		FECHA DE ENSAYO : 7/08/2025		
N° DE ESPECIMEN	DESCRIPCION	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)
		L1 L2 LP	A1 A2 AP	H1 H2 H3 H4 HP
0001	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	218.78 218.64 218.71	121.35 125.27 123.31	70.23 74.14 70.89 72.20 71.87
0002	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	218.13 218.46 218.30	124.23 126.88 125.56	69.75 72.87 71.65 70.78 71.26
0003	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	216.13 216.76 216.45	122.68 123.76 123.22	69.75 71.44 71.05 71.72 70.99
0004	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	217.31 215.58 216.45	120.07 126.18 123.13	73.65 70.41 72.61 72.72 72.35
0005	Ladrillo con 10% de caucho reciclado	218.02 219.53 218.78	121.19 123.98 122.59	69.47 75.60 77.51 72.41 73.75
Medida promedio (mm)		MP = 217.73	123.56	
Media del molde de fabricación (mm)		MF = 235.00	135.00	
Desviación estándar		Desv. Est = 1.19	1.15	
Variación dimensional (%)		V% = 7.35%	8.47%	
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		JEFE DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
				
		TESTISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES		

		CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		RUC: 20487463737								
		LABORATORIO DE ENSAYO Y RESISTENCIA DE MATERIALES		R. INDECOPI: REGISTRO: LERM-EA-01 PAGINA: 4 - 4 FECHA: Set-25								
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBANILERÍA - NTP 399.604 / NTP 399.613												
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO			FECHA: AGO - 2025								
SOLICITANTE :	JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES			RESPONSABLE DEL ENSAYO: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
UBICACIÓN :	SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA											
DATOS DE TESTIGOS Y ENSAYO GENERALES												
TIPO DE MUESTRA :		LADRILLO ARTESANAL SOLIDO DE ARCILLA COCIDA	FECHA DE MOLDEO : 18/07/2025	L = 235 mm								
			FECHA DE ENSAYO : 7/08/2025	A = 135 mm								
N° DE ESPECIMEN	DESCRIPCION	LARGO (mm)	ANCHO (mm)				ALTURA (mm)					
			L1	L2	LP	A1	A2	AP	H1	H2	H3	H4
0001	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	221.04	221.34	221.19	124.08	126.55	125.32	71.48	70.73	68.94	70.87	70.51
0002	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	219.92	220.67	220.30	123.77	127.70	125.74	69.14	74.44	70.37	73.22	71.79
0003	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	219.22	216.69	217.96	124.98	125.22	125.10	69.32	71.09	70.49	69.44	70.09
0004	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	219.13	218.81	218.97	122.89	127.48	125.19	67.57	72.64	70.51	70.37	70.27
0005	Ladrillo con 15% de caucho reciclado	219.57	219.11	219.34	120.72	123.65	122.19	69.02	72.12	69.74	70.12	70.25
Medida promedio (mm)		MP = 219.55										70.58
Media del molde de fabricación (mm)		MF = 235.00										75.00
Desviación estándar		Desv. Est = 1.24										0.69
Variación dimensional (%)		V% = 6.57%										5.89%
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Jefe de Ensayos de Laboratorio		TESTISTA: JEAN CARLOS ROBLEDO GONZALES								
		 Dr. Camacho Domínguez INGENIERO CIVIL Colegiatura 302505										

Anexo 07: Certificado de calibración del equipo



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 0127 - 2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	05345-2024
2. Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
3. Dirección	CAR.JAEN - SAN IGNACIO KM. 24 SEC. YANAYACU CAJAMARCA - JAEN - JAEN
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO
Capacidad	200000 kgf
Marca	PERUTEST
Modelo	PC-200
Número de Serie	105
Procedencia	PERU
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	HIGH WEIGHT
Modelo	315-X5P
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	10 kgf
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2024-12-13

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2024-12-13

JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA





PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 0127 - 2024

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 de INACAL - DM

7. Lugar de calibración

En el laboratorio de Fuerza de PERUTEST S.A.C.

AVENIDA TAMBORILLO 935 URB EX FUNDO CHACRACERRO - COMAS - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.2 °C	21.3 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

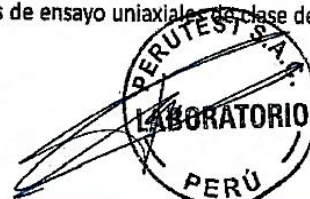


9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE N 070-24 (B)
LO JUSTO	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	E017-L-035C-2024-1

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Tamborillo 935 Ex Fundo Chacra Cerro - Comas - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 0127 - 2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	100	100.0	99.0	100.0	99.8
20	200	199.0	200.5	201.3	200.2
30	300	298.8	300.4	299.3	299.7
40	400	397.4	399.4	398.8	398.6
50	500	495.8	501.8	502.4	500.5
60	600	597.1	597.4	597.9	597.7
70	700	696.1	696.7	695.7	696.6
80	800	798.9	799.1	799.5	799.1
90	900	898.6	900.1	896.6	898.5
100	1000	1001.0	1002.9	1000.5	1001.3
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100	0.21	1.00	-1.30	10.00	5.83
200	-0.08	1.15	0.25	5.00	2.98
300	0.12	0.53	0.07	3.33	2.02
400	0.34	0.50	0.10	2.50	1.57
500	-0.11	1.31	-0.06	2.00	1.43
600	0.39	0.13	-0.18	1.67	1.13
700	0.49	0.14	-0.14	1.43	1.01
800	0.11	0.07	0.02	1.25	0.92
900	0.17	0.38	0.16	1.11	0.88
1000	-0.13	0.25	0.20	1.00	0.82

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) 0.00 %

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Anexo 08: Norma ASTM D3967 (Tracción indirecta)



Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation D 3967; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers testing apparatus, specimen preparation, and testing procedures for determining the splitting tensile strength of rock by diametral line compression of a disk.

NOTE 1—The tensile strength of rock determined by tests other than the straight pull test is designated as the “indirect” tensile strength and, specifically, the value obtained in Section 8 of this test is termed the “splitting” tensile strength.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines²

E 691–92 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method³

3. Significance and Use

3.1 By definition the tensile strength is obtained by the direct uniaxial tensile test. But the tensile test is difficult and expensive for routine application. The splitting tensile test appears to offer a desirable alternative, because it is much simpler and inexpensive. Furthermore, engineers involved in rock mechanics design usually deal with complicated stress fields, including various combinations of compressive and tensile stress fields. Under such conditions, the tensile strength should be obtained with the presence of compressive stresses to be representative of the field conditions. The splitting tensile strength test is one of the simplest tests in which such stress fields occur. Since it is widely used in practice, a uniform test method is needed for data to be comparable. A uniform test is also needed to insure positively that the disk specimens break diametrically due to tensile pulling along the loading diameter.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D18 on Soil and Rock and is the direct responsibility of Subcommittee D18.12 on Rock Mechanics.

Current edition approved Dec. 10, 1995. Published April 1996. Originally published as D 3967 – 81. Last previous edition D 3967 – 95.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.

4. Apparatus

4.1 *Loading Device*, to apply and measure axial load on the specimen, of sufficient capacity to apply the load at a rate conforming to the requirements in 7.3. It shall be verified at suitable time intervals in accordance with Practices E 4 and shall comply with the requirements prescribed therein.

4.2 *Bearing Surfaces*—The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks having a Rockwell hardness of not less than 58 HRC (see Note 2).

NOTE 2—False platens, with bearing faces conforming to the requirements of this standard, may be used. These shall be oil hardened to more than 58 HRC, and surface ground. With abrasive rocks these platens tend to roughen after a number of specimens have been tested, and hence need to be surfaced from time to time.

4.2.1 *Flat Bearing Blocks*—During testing the specimen can be placed in direct contact with the machine bearing plates (or false platens, if used) (see Fig. 1). The bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.0125 mm when the platens are new and shall be maintained within a permissible variation of 0.025 mm. The bearing block diameter shall be at least as great as the specimen thickness.

4.2.2 *Curved Bearing Blocks*, may be used to reduce the contact stresses. The radius of curvature of the supplementary bearing plates shall be so designed that their arc of contact with the specimen will in no case exceed 15° or that the width of contact is less than $D/6$, where D is the diameter of the specimen.

NOTE 3—Since the equation used in 8.1 for splitting tensile strength is derived based on a line load, the applied load shall be confined to a very narrow strip if the splitting tensile strength test is to be valid. But a line load creates extremely high contact stresses which cause premature cracking. A wider contact strip can reduce the problems significantly. Investigations show that an arc of contact smaller than 15° causes no more than 2 % of error in principal tensile stress while reducing the incidence of premature cracking greatly.

4.2.3 *Spherical Seating*—One of the bearing surfaces should be spherically seated and the other a plain rigid block. The diameter of the spherical seat shall be at least as large as that of the test specimen, but shall not exceed twice the diameter of the test specimen. The center of the sphere in the spherical seat shall coincide with the center of the loaded side of the specimen. The spherical seat shall be lubricated to assure free movement. The movable portion of the platen shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such that

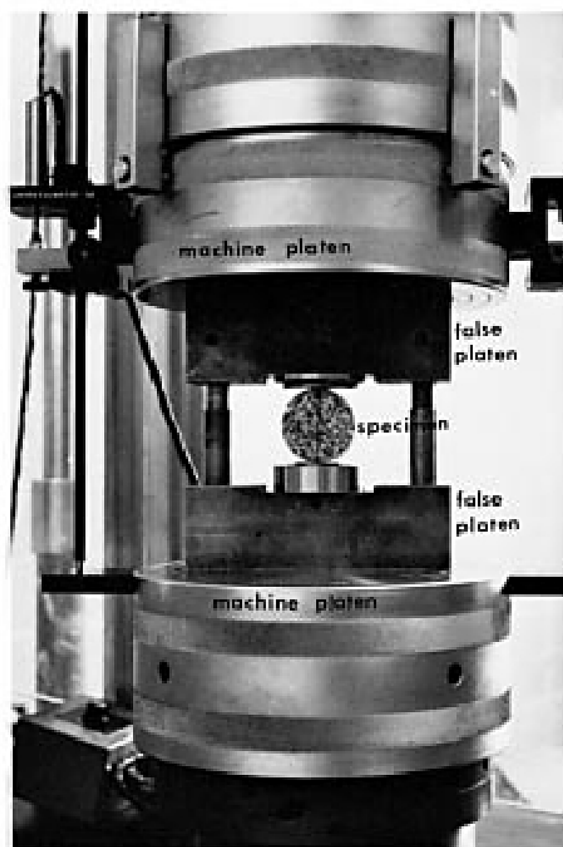


FIG. 1 One of the Proposed Testing Setup for Splitting Tensile Strength

the bearing face can be rotated and tilted through small angles in any direction.

4.2.4 Rigid Seating—If a spherical seat is not used, the faces of the bearing blocks shall be parallel to 0.0005 mm/mm of the block diameter. This criterion shall be met when the blocks are in the loading device and separated by approximately the diameter of the test specimen.

4.3 Bearing Strips (0.01 D thick cardboard cushion, where D is the specimen diameter; or up to 0.25 in. thick plywood cushion are recommended to place between the machine bearing surfaces (or supplementary bearing plates; if used) and the specimen to reduce high stress concentration.

NOTE 4—Experiences have indicated that test results using the curved supplementary bearing plates and bearing strips, as specified in 4.2.2 and 4.3, respectively, do not significantly differ from each other, but there may be some consistent difference from the results of tests in which direct contact between the specimen and the machine platen is used.

5. Sampling

5.1 The specimen shall be selected from the core to represent a true average of the type of rock under consideration. This can be achieved by visual observations of mineral constituents, grain sizes and shape, partings, and defects such as pores and fissures.

6. Test Specimens

6.1 Dimensions—The test specimen shall be a circular disk

with a thickness-to-diameter ratio (t/D) between 0.2 and 0.75. The diameter of the specimen shall be at least 10 times greater than the largest mineral grain constituent. A diameter of 50 mm ($1\frac{15}{16}$ in.) (NX wireline core) will generally satisfy this criterion.

NOTE 5—When cores smaller than the specified minimum must be tested because of the unavailability of material, notation of the fact shall be made in the test report.

NOTE 6—If the specimen shows apparent anisotropic features such as bedding or schistosity, care shall be exercised in preparing the specimen so that the orientation of the loading diameter relative to anisotropic features can be determined precisely.

6.2 Number of specimens—At least ten specimens shall be tested to obtain a meaningful average value. If the reproducibility of the test results is good (coefficient of variation less than 5%), a smaller number of specimens is acceptable.

6.3 The circumferential surface of the specimen shall be smooth and straight to 0.50 mm (0.020 in.).

6.4 Cut the ends of the specimen parallel to each other and at right angles to the longitudinal axis. The ends of the specimen shall not deviate from perpendicular to the core axis by more than 0.5°. This requirement can be generally met by cutting the specimen with a precision diamond saw.

6.5 Determine the diameter of the specimen to the nearest 0.25 mm (0.01 in.) by taking the average of at least three measurements, one of which shall be along the loading diameter.

6.6 Determine the thickness of the specimen to the nearest 0.25 mm (0.01 in.) by taking the average of at least three measurements, one of which shall be at the center of the disk.

6.7 The moisture conditions of the specimen at the time of test can have a significant effect upon the indicated strength of the rock. The field moisture condition for the specimen shall be preserved until the time of test. On the other hand, there may be reasons for testing specimens at other moisture contents, including zero, and preconditioning of specimen when moisture control is needed. In any case, tailor the moisture content of the test specimen to the problem at hand and report it in accordance with 9.1.6.

7. Procedure

7.1 Marking—The desired vertical orientation of the specimen shall be indicated by marking a diametral line on each end of the specimen. These lines shall be used in centering the specimen in the testing machine to ensure proper orientation, and they are also used as the reference lines for thickness and diameter measurements.

NOTE 7—If the specimen is anisotropic, take care to ensure that the marked lines in each specimen refer to the same orientation.

7.2 Positioning—Position the test specimen to ensure that the diametral plane of the two lines marked on the ends of the specimen lines up with the center of thrust of the spherically seated bearing surface to within 1.25 mm (0.05 in.).

NOTE 8—A good line loading can often be attained by rotating the specimen about its axis until there is no light visible between the specimen and the loading platens. Back lighting helps in making this observation.

7.3 Loading—Apply a continuously increasing compressive load to produce an approximately constant rate of loading or

deformation such that failure will occur within 1 to 10 min of loading, which should fall between 0.05 and 0.35 MPa/s (500 and 3000 psi/min) of loading rate, depending on the rock type.

NOTE 9—Results of tests by several investigators indicate that rates of loading at this range are reasonably free from rapid loading effects.

8. Calculation

8.1 The splitting tensile strength of the specimen shall be calculated as follows:

$$\sigma_t = 2P/\pi LD \quad (1)$$

and the result shall be expressed to the appropriate number of significant figures (usually 3),

where:

σ_t = splitting tensile strength, MPa (psi),

P = maximum applied load indicated by the testing machine, N (or lbf),

L = thickness of the specimen, mm (or in.), and

D = diameter of the specimen, mm (or in.).

9. Report

9.1 The report shall include as much of the following as possible:

9.1.1 Sources of the specimen including project name and location, and if known, storage environment. The location is frequently specified in terms of the borehole number and depth of specimen from collar of hole.

9.1.2 Physical description of the specimen including rock type; location and orientation of apparent weakness planes, bedding planes, and schistosity; large inclusions or inhomogeneities, if any.

9.1.3 Dates of sampling and testing.

9.1.4 Specimen diameter and length, conformance with dimensional requirements, direction of loading if anisotropy exists. Type of contact between the specimen and the loading platens.

9.1.5 Rate of loading or deformation rate.

9.1.6 General indication of moisture condition of the specimen at time of test such as as-received, saturated, laboratory air dry, or oven dry. It is recommended that the moisture condition

be more precisely determined when possible and reported as either water content or degree of saturation.

9.1.7 Splitting tensile strength of each specimen as calculated, average splitting tensile strength of all specimens, standard deviation or coefficient of variation.

9.1.8 Type and location of failure. A sketch of the fractured specimen is recommended.

10. Precision and Bias

10.1 An interlaboratory study was conducted in which seven laboratories each tested five specimens of four different rocks. The specimens were cored by a single laboratory from a common set of samples and randomly distributed to the testing laboratories for testing. The study was carried out in accordance with Practice E 691. Details of the study are given in ISR Research Report No. PS #D18.12-R01, 1992, and its Addendum, 1994. The table below gives the repeatability limit (within a laboratory) and reproducibility limit (between laboratories) for the method.

10.1.1 The probability is approximately 95 % that two test results obtained in the same laboratory on the same material will not differ by more than the repeatability limit. Likewise, the probability is approximately 95 % that two test results obtained in different laboratories on the same material will not differ by more than reproducibility limit.

TABLE Splitting Tensile Strength (MPa)

	Berea Sandstone	Salem Limestone	Tennessee Marble	Barre Granite
Average Value	3.85	4.92	9.39	13.66
Repeatability Limit	1.24	1.56	3.63	4.31
Reproducibility Limit	1.37	1.74	5.38	4.98

10.2 The variability of rock and resultant inability to determine a true reference value prevent development of a meaningful statement of bias.

11. Keywords

11.1 compression testing; indirect tensile strength; loading tests; rock; splitting tensile strength; tension (tensile) properties/tests

The ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Anexo 09: Constancia de uso del laboratorio (UNJ)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN

FACULTAD DE INGENIERÍA



***LABORATORIO DE ENSAYOS Y RESISTENCIA DE
MATERIALES***

CONSTANCIA

El suscrito, responsable del Laboratorio de Ensayos y Resistencia de Materiales del departamento académico de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, deja constancia de lo siguiente:

A nombre del Bachiller Jean Carlos Robledo Gonzales, Bachiller de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de esta casa superior de estudios, se certifica la realización de la siguiente actividad técnica en el laboratorio:

Ítem	Detalle
01	Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería mediante el uso de los equipos del Laboratorio de ensayos y resistencia de materiales.

Dichas actividades fueron ejecutadas a partir del día 08 de agosto del 2025, en el marco de su tesis titulada:

“INFLUENCIA DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL, JAÉN 2025”.

Se expide la presente constancia para los fines que el interesado estime convenientes.

Jaen, 12 de septiembre del 2025.

Atentamente



M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban
Responsable del Laboratorio de Ensayos y Resistencia de Materiales

Anexo 10: Panel fotográfico

Figura 12

Extracción de la tierra utilizada para la elaboración del ladrillo artesanal.



Figura 13

Adición del caucho reciclado en gránulos para la conformación de la mezcla.



Figura 14

Adición de paja de arroz para la elaboración del ladrillo convencional (testigos).



Figura 15

Conformación de la mezcla de barro para los 4 tratamientos (0%, 5%, 10% y 15% de caucho).



Figura 16

Molde de madera (gavera) utilizada para la fabricación del ladrillo artesanal.



Figura 17

Esparcimiento de ceniza en la gavera para evitar que el barro se pegue en sus paredes.



Figura 18

Desencofrado de especímenes.



Figura 19

Conformación de la población de ladrillos correspondiente a cada tratamiento.



Figura 20

Apilado de ladrillos para su oreado a la intemperie.



Figura 21

Proceso de quemado del ladrillo en horno artesanal.



Figura 22

Ladrillos rotulados para cada tratamiento.



Figura 23

Tamizado de las partículas de caucho para su uniformizar su granulometría y eliminar partículas muy grandes.



Figura 24

Laboratorio de Resistencia y ensayo de materiales de la carrera profesional de Ing. Civil – UNJ.



Figura 25

Ensayo de alabeo (concavidad).



Figura 26

Ensayo de alabeo (convexidad).



Figura 27

Ensayo de variación dimensional.

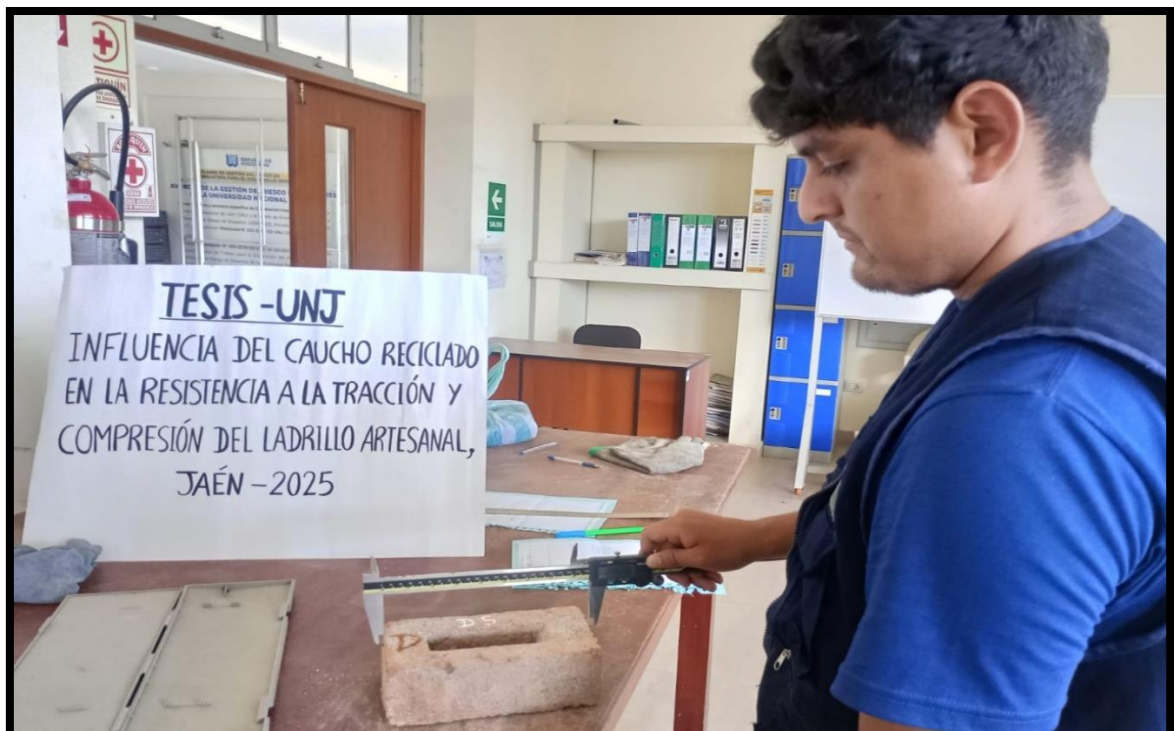


Figura 28

Ensayo de absorción de humedad.



Figura 29

Ensayo de resistencia a la compresión para el 15% de caucho.



Figura 30

Ensayo de resistencia a la compresión para el 5% de caucho.



Figura 31

Ensayo de resistencia a la compresión para el 0% de caucho (testigo).



Figura 32

Preparación para el ensayo a tracción indirecta (Método Brasílero).



Figura 33

Ensayo resistencia a la tracción indirecta para el testigo.

