



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y
LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES
SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES
PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO


:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO


:



Mgtr. WILFREDO DAVID SUIPO PACORI

ASESOR DE TESIS

:

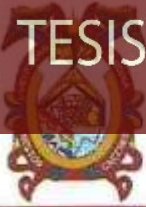


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 634-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7662 presentado por el (la) Bachiller: LUIS JOSEPH RIVERA CHURA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: LUIS JOSEPH RIVERA CHURA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 17 de julio del 2025
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

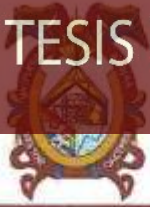
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

cc.
Archivo
Interesado (s)

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

DIRECTOR

Dr. Fritz Willy Mamaní Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 153-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de marzo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 2893 por el señor (a): **LUIS JOSEPH RIVERA CHURA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 096- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 009 - 2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **LUIS JOSEPH RIVERA CHURA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 009 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **LUIS JOSEPH RIVERA CHURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

M. Sc. **WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA**
DECANO (e)
C.I.P. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1656-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 13970, presentado el señor (a) **LUIS JOSEPH RIVERA CHURA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1391 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 379-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **LUIS JOSEPH RIVERA CHURA** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 379-2024- aprobando la propuesta de investigación **titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **LUIS JOSEPH RIVERA CHURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc:
Archivo 2024
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Esteban Castillo Machaca
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	LUIS JOSEPH RIVERA CHURA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46307110
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-0723-5386
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02428673
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Huancané Distrito: Taraco Latitud: S 15° 17' 56" Longitud: O 69° 58' 42"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/335mQCkm9ai93CwY9</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2024 - Julio 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo LUIS JOSEPH RIVERA CHURA, identificado con DNI Nro. 46307110, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez 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.

Juliaca 11 de agosto del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico mi tesis con todo mi corazón a mi madre, quien me inculcó buenos hábitos y valores que me han permitido salir adelante en los momentos más difíciles. Sin su apoyo no habría conseguido este logro. Su bendición ha sido siempre mi guía y protección, conduciéndome por el camino correcto. Por ello, le ofrezco este trabajo como muestra de gratitud por su paciencia y su amor incondicional. Te amo, madre mía.

En memoria de mi padre, quien con su ejemplo de sabiduría, esfuerzo y amor se convirtió en una fuente inagotable de inspiración. "Aunque ya no estés físicamente presente, tu espíritu permanece vivo en mí, guiando mis pasos y motivando cada uno de mis logros."



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida, la salud y la fortaleza que me concedió para culminar con éxito esta investigación.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación.

A mi madre, quien con sus valores, enseñanzas y confianza en mí me motivaron a superar cada desafío.

A mi familia, por su apoyo incondicional, amor y paciencia a lo largo de este camino.

A mis docentes y asesores, por su orientación académica, sus valiosas observaciones y el conocimiento compartido que enriqueció esta investigación.

A mis compañeros y amigos, por el ánimo y la compañía en los momentos más difíciles de esta etapa.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro, que no es solo mío, sino también fruto de su apoyo constante.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática.....	17
1.2. Planteamiento del problema.....	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Objetivos de la investigación.....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. Justificación de la investigación.....	20
1.4.1. Justificación técnica.....	20
1.4.2. Justificación económica.....	20
1.4.3. Justificación social.....	21
1.4.4. Justificación ambiental.....	21
1.5. Hipótesis de la investigación.....	21
1.5.1. Hipótesis general.....	21
1.5.2. Hipótesis específicas.....	21
1.6. Variables e indicadores.....	22
1.6.1. Variable independiente.....	22
1.6.2. Variable dependiente.....	22
1.7. Operacionalización de variables.....	23



**CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO**

- 2.1. Antecedentes de la investigación 24
 - 2.1.1. Antecedentes internacionales 24
 - 2.1.2. Antecedentes nacionales 26
 - 2.1.3. Antecedentes locales 29
- 2.2. Bases teóricas 30
 - 2.2.1. Ladrillos artesanales 30
 - 2.2.2. Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales 38
 - 2.2.3. Tereftalato de polietileno 42
 - 2.2.4. Lodo de aguas residuales 49
 - 2.2.5. Propiedades de los ladrillos con materiales reciclados 60
- 2.3. Marco Conceptual 61

**CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- 3.1. Enfoque de la investigación 65
- 3.2. Tipo de la investigación 65
- 3.3. Nivel de la investigación 66
- 3.4. Diseño de la investigación 66
- 3.5. Método de la investigación 66
- 3.6. Población y muestra 67
 - 3.4.1. Población 67
 - 3.4.2. Muestra 67
- 3.7. Técnicas e instrumentos 69
 - 3.5.1. Técnicas 69
 - 3.5.2. Instrumentos 69
- 3.8. Proceso de recolección de datos 70
 - 3.3.1. Desarrollo del plan de investigación 70
- 3.9. Procesamiento y análisis de datos 92

**CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

- 4.1. Resultados obtenidos 93
 - 4.1.1. Resultados sobre las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 100



4.1.2. Resultados sobre el empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales sobre las propiedades físicas del ladrillo.....	107
4.1.3. Resultados sobre la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales sobre las propiedades mecánicas del ladrillo.....	141
4.1.4. Comparativos de resultados obtenidos	147
4.2. Discusión de Resultados	158
CONCLUSIONES	160
RECOMENDACIONES	162
BIBLIOGRAFÍA	163
ANEXOS	173



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 23

Tabla 2 Propiedades del tereftalato de polietileno 43

Tabla 3 Propiedades del lodo de aguas residuales 51

Tabla 4 Cantidad de muestras..... 68

Tabla 5 Muestras para el ladrillo artesanal 68

Tabla 6 Comparativa de la evaluación de suelos de ladrilleras artesanales – Distrito de Taraco 73

Tabla 7 Cantidad de materiales para la elaboración del ladrillo + % LAR 79

Tabla 8 Cantidad de materiales para la elaboración del ladrillo + % PET 79

Tabla 9 Análisis granulométrico - M1, (Ladrillera Juancito Puma)..... 94

Tabla 10 Análisis granulométrico – M2, (Ladrillos artesanales Condori)..... 95

Tabla 11 Análisis granulométrico – M3, (Ladrillera Yucra)..... 96

Tabla 12 Contenido de humedad de las muestras..... 97

Tabla 13 Índice de plasticidad de la tierra..... 98

Tabla 14 Color y textura del ladrillo 99

Tabla 15 Ensayo de absorción del ladrillo 100

Tabla 16 Succión del ladrillo 101

Tabla 17 Variación dimensional - alto 102

Tabla 18 Variación dimensional - ancho 103

Tabla 19 Variación dimensional - largo..... 104

Tabla 20 Alabeo del ladrillo 105

Tabla 21 Rotura a compresión del ladrillo artesanal 106

Tabla 22 Ensayo de absorción del LA + 4% PET 107

Tabla 23 Ensayo de absorción del LA + 6% PET 108

Tabla 24 Ensayo de absorción del LA + 8% PET 109

Tabla 25 Ensayo de succión del LA + 4% PET..... 110

Tabla 26 Ensayo de succión del LA + 6% PET..... 111

Tabla 27 Ensayo de succión del LA + 8% PET..... 112

Tabla 28 Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET 113

Tabla 29 Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET 114

Tabla 30 Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET 115

Tabla 31 Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET 116

Tabla 32 Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET 117

Tabla 33 Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET 118



Tabla 34	Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET	119
Tabla 35	Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET	120
Tabla 36	Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET	121
Tabla 37	Ensayo alabeo del LA + 4% PET	122
Tabla 38	Ensayo alabeo del LA + 6% PET	122
Tabla 39	Ensayo alabeo del LA + 8% PET	123
Tabla 40	Ensayo de absorción del LA + 5% LAR	124
Tabla 41	Ensayo de absorción del LA + 15% LAR	125
Tabla 42	Ensayo de absorción del LA + 25% LAR	126
Tabla 43	Ensayo de succión del LA + 5% LAR.....	127
Tabla 44	Ensayo de succión del LA + 15% LAR.....	128
Tabla 45	Ensayo de succión del LA + 25% LAR.....	129
Tabla 46	Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR.....	130
Tabla 47	Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR.....	131
Tabla 48	Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR.....	132
Tabla 49	Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR.....	133
Tabla 50	Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR.....	134
Tabla 51	Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR.....	135
Tabla 52	Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR.....	136
Tabla 53	Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR.....	137
Tabla 54	Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR.....	138
Tabla 55	Ensayo alabeo del LA + 5% LAR	139
Tabla 56	Ensayo alabeo del LA + 15% LAR	139
Tabla 57	Ensayo alabeo del LA + 25% LAR	140
Tabla 58	Resistencias del ladrillo + 4% PET	141
Tabla 59	Resistencias del ladrillo + 6% PET	142
Tabla 60	Resistencias del ladrillo + 8% PET	143
Tabla 61	Resistencias del ladrillo + 5% LAR	144
Tabla 62	Resistencias del ladrillo + 15% LAR	145
Tabla 63	Resistencias del ladrillo + 25% LAR	146
Tabla 64	Comparativo de la absorción del ladrillo + % PET	147
Tabla 65	Comparativo de la absorción del ladrillo + % LAR	148
Tabla 66	Comparativo de la succión del ladrillo + % PET	149
Tabla 67	Comparativo de la succión del ladrillo + % LAR.....	150
Tabla 68	Comparativo de la variación dimensional del ladrillo + % PET	151
Tabla 69	Comparativo de la variación dimensional del ladrillo + % LAR.....	152
Tabla 70	Comparativo del ensayo de alabeo del ladrillo + % PET	153



Tabla 71	Comparativo del ensayo de alabeo del ladrillo + % LAR.....	154
Tabla 72	Resistencias obtenidas del LA + % PET	155
Tabla 73	Resistencias obtenidas del LA + % LAR	156
Tabla 74	Clasificación del ladrillo.....	1569



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tereftalato de polietileno (PET)..... 43

Figura 2 Lodo de aguas residuales 50

Figura 3 Ubicación de las ladrilleras..... 71

Figura 4 Tereftalato de polietileno (PET)..... 75

Figura 5 Lodo de aguas residuales 77

Figura 6 Ensayo de alabeo 86

Figura 7 Ensayo de absorción..... 87

Figura 8 Ensayo de succión 89

Figura 9 Ensayo de resistencia a la compresión 91

Figura 10 Análisis granulométrico - M1, (Ladrillera Juancito Puma)..... 94

Figura 11 Análisis granulométrico – M2, (Ladrillos artesanales Condori) 95

Figura 12 Análisis granulométrico – M3, (Ladrillera Yucra) 96

Figura 13 Contenido de humedad de las muestras 97

Figura 14 Índice de plasticidad..... 98

Figura 15 Absorción del ladrillo 100

Figura 16 Succión del ladrillo 101

Figura 17 Variación dimensional - alto 102

Figura 18 Variación dimensional - ancho 103

Figura 19 Variación dimensional - largo 104

Figura 20 Alabeo del ladrillo..... 105

Figura 21 Rotura a compresión del ladrillo artesanal..... 106

Figura 22 Ensayo de absorción del LA + 4% PET 107

Figura 23 Ensayo de absorción del LA + 6% PET 108

Figura 24 Ensayo de absorción del LA + 8% PET 109

Figura 25 Ensayo de succión del LA + 4% PET 110

Figura 26 Ensayo de succión del LA + 6% PET 111

Figura 27 Ensayo de succión del LA + 8% PET 112

Figura 28 Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET 113

Figura 29 Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET 114

Figura 30 Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET 115

Figura 31 Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET 116

Figura 32 Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET 117

Figura 33 Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET 118

Figura 34 Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET 119



Figura 35	Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET	120
Figura 36	Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET	121
Figura 37	Ensayo de absorción del LA + 5% LAR.....	124
Figura 38	Ensayo de absorción del LA + 15% LAR.....	125
Figura 39	Ensayo de absorción del LA + 25% LAR.....	126
Figura 40	Ensayo de succión del LA + 5% LAR	127
Figura 41	Ensayo de succión del LA + 15% LAR	128
Figura 42	Ensayo de succión del LA + 25% LAR	129
Figura 43	Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR	130
Figura 44	Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR	131
Figura 45	Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR	132
Figura 46	Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR	133
Figura 47	Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR	134
Figura 48	Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR	135
Figura 49	Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR	136
Figura 50	Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR	137
Figura 51	Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR	138
Figura 52	Resistencias del ladrillo + 4% PET	141
Figura 53	Resistencias del ladrillo + 6% PET	142
Figura 54	Resistencias del ladrillo + 8% PET	143
Figura 55	Resistencias del ladrillo + 5% LAR.....	144
Figura 56	Resistencias del ladrillo + 15% LAR.....	145
Figura 57	Resistencias del ladrillo + 25% LAR.....	146
Figura 58	Comparativo de la absorción del ladrillo + % PET	147
Figura 59	Comparativo de la absorción del ladrillo + % LAR.....	148
Figura 60	Comparativo de la succión del ladrillo + % PET	149
Figura 61	Comparativo de la succión del ladrillo + % LAR	150
Figura 62	Comparativo de la variación dimensional del ladrillo + % PET	151
Figura 63	Comparativo de la variación dimensional del ladrillo + % LAR	152
Figura 64	Comparativo del ensayo de alabeo del ladrillo + % PET	153
Figura 65	Comparativo del ensayo de alabeo del ladrillo + % LAR	154
Figura 66	Resistencias obtenidas del LA + % PET	155
Figura 67	Resistencias obtenidas del LA + % LAR	156



RESUMEN

La presente investigación denominada "Efecto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades de ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024", tiene el objetivo de evaluar el efecto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales sobre las propiedades de ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco. La metodología empleada para este estudio fue el; diseño experimental, de método científico, nivel explicativo y de tipo aplicada; además, la muestra está compuesta por ladrillos que se dividirán en grupos según las proporciones de tereftalato de polietileno (PET) y lodo de aguas residuales (LAR) incorporados en la mezcla. Los resultados de los ladrillos elaborados en el distrito de Taraco presentan características físicas distintivas con una textura rugosa y una coloración naranja. anaranjada, propias de su proceso de fabricación artesanal. Desde el punto de vista técnico, estos ladrillos mostraron un desempeño que se ajusta a lo establecido por la normativa E-070. La absorción del ladrillo alcanzo un valor promedio de 18.15%, la succión del ladrillo alcanzo un valor promedio de 16.66 gr/min, y una variabilidad en sus dimensiones. El ensayo de alabeo del ladrillo alcanzó un alabeo promedio de 0.84 mm, mientras que la resistencia a compresión del ladrillo alcanzó un valor medio de 50.22 kg/cm², superando el límite mínimo normativo. Seguido por los resultados de la adición de tereftalato de polietileno (PET) en proporciones de 4%, 6% y 8% en la fabricación del ladrillo artesanal genera un efecto positivo en sus propiedades físicas, especialmente en términos de absorción y succión. A medida que aumenta el porcentaje de PET, se registra un incremento en la absorción, alcanzando un valor máximo de 19.04% con el 8% de adición. De igual forma, la succión llega a 17.21 gr/min en dicha proporción, mientras que las deformaciones por alabeo se mantienen por debajo del 1 mm. Asimismo, el uso de lodo de aguas residuales (LAR) en proporciones de 5%, 15% y 25% también demuestra una mejora en las propiedades del ladrillo. La absorción se incrementa hasta llegar a 19.91% con la adición de 25% de LAR, y la succión alcanza un valor de 18.08 gr/min en esa misma



proporción. En cuanto al alabeo, las variaciones se mantuvieron controladas, con valores inferiores a 1.05 mm. Además, los resultados de la adición de tereftalato de polietileno (PET) en proporciones de 4%, 6% y 8% genera un incremento progresivo en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal, alcanzando valores de 52.67, 54.58 y 55.42 kg/cm² respectivamente. De manera similar, al emplear lodo de aguas residuales (LAR) en proporciones de 5%, 15% y 25%, se evidenció también una mejora significativa en dicha propiedad, registrando resistencias de 53.77, 56.42 y 58.87 kg/cm², lo que confirma el efecto reforzante de ambos aditivos sobre el comportamiento mecánico del ladrillo. Finalmente, se concluye que la elaboración de ladrillos artesanales con la adición de tereftalato de polietileno (PET) y lodo de aguas residuales (LAR) permitió mejorar tanto las propiedades físicas como mecánicas del ladrillo. Las adiciones de estos residuos favorecieron el incremento de la absorción y succión sin comprometer la estabilidad dimensional, manteniéndose los valores de alabeo dentro de los límites aceptables. Asimismo, se evidenció un aumento significativo en la resistencia a la compresión, superando los requisitos mínimos establecidos por la normativa E-070, lo que confirma la viabilidad técnica de utilizar estos residuos como insumos alternativos en la fabricación de ladrillos.

Palabras Clave: Ladrillo artesanal, Tereftalato de polietileno, Lodo de aguas residuales.



ABSTRACT

The present investigation called "Effect of the addition of polyethylene terephthalate and wastewater mud in variable proportions on the properties of artisanal bricks produced in the district of Taraco 2024", aims to evaluate the effect of the addition of polyethylene terephthalate and wastewater mud on the properties of artisanal bricks produced in the Taraco district. The methodology used for this study was him; experimental design, scientific method, explanatory and applied level; In addition, the sample is composed of bricks that will be divided into groups according to the proportions of polyethylene terephthalate (PET) and wastewater mud (LAR) incorporated into the mixture. The results of the bricks made in the district of Taraco have distinctive physical characteristics with a rough texture and an orange coloration. orange, typical of its artisanal manufacturing process. From the technical point of view, these bricks showed a performance that fits the provisions of E-070 regulations. The brick absorption reached an average value of 18.15%, the brick suction reaches an average value of 16.66 gr/min, and a variability in its dimensions. The brick praise trial reached an average average of 0.84 mm, while brick compression resistance reached an average value of 50.22 kg/cm², exceeding the minimum normative limit. Followed by the results of the addition of polyethylene terephthalate (PET) in proportions of 4%, 6% and 8% in the manufacture of artisanal brick generates a positive effect on its physical properties, especially in terms of absorption and suction. As the PET percentage increases, an increase in absorption is recorded, reaching a maximum value of 19.04% with 8% addition. Similarly, the suction reaches 17.21 gr/min in this proportion, while the features by Alabeo are maintained below 1 mm. Likewise, the use of wastewater mud (LAR) in proportions of 5%, 15% and 25% also demonstrates an improvement in brick properties. Absorption increases to 19.91% with the addition of 25% LAR, and the suction reaches a value of 18.08 gr/min in that same proportion. As for the alabeo, the variations were kept controlled, with values below 1.05 mm. In addition, the results of the addition of polyethylene terephthalate (PET) in proportions of 4%, 6% and 8%



generate a progressive increase in the compression resistance of the artisanal brick, reaching values of 52.67, 54.58 and 55.42 kg/cm² respectively. Similarly, when using wastewater mud (LAR) in proportions of 5%, 15% and 25%, a significant improvement in said property was also evidenced, registering resistance of 53.77, 56.42 and 58.87 kg/cm², confirming the reinforcing effect of both additives on the mechanical brick behavior. Finally, it is concluded that the elaboration of artisanal bricks with the addition of polyethylene terephthalate (PET) and wastewater mud (LAR) allowed to improve both the physical and mechanical properties of the brick. The additions of these waste favored the increase in absorption and suction without compromising dimensional stability, maintaining the alab values within the acceptable limits. Likewise, a significant increase in compression resistance was evidenced, exceeding the minimum requirements established by E-070 regulations, confirming the technical viability of using these wastes as alternative supplies in brick manufacturing.

Keywords: handmade brick, polyethylene terephthalate, wastewater mud.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el manejo sostenible de los residuos sólidos y líquidos representa uno de los mayores desafíos ambientales a nivel global. Entre estos, el tereftalato de polietileno (PET), un polímero ampliamente utilizado en envases plásticos, y el lodo de aguas residuales, un subproducto inevitable del tratamiento de aguas, destacan como materiales cuyo inadecuado tratamiento genera impactos significativos sobre el medio ambiente y la salud pública. El aumento de estos residuos, impulsado por el crecimiento poblacional y el consumo masivo, resalta la necesidad de estrategias efectivas que permitan su adecuada gestión y reutilización.

En este contexto, la fabricación de ladrillos artesanales, emerge como una plataforma viable para integrar materiales reciclados como el PET y el lodo de aguas residuales. Esta propuesta no solo busca mitigar el impacto ambiental mediante la reducción de desechos, sino también explorar mejoras en las propiedades de los ladrillos, lo que podría ampliar sus aplicaciones y fortalecer su durabilidad. Además, iniciativas como esta están alineadas con los principios de sostenibilidad y economía circular, los cuales fomentan la reutilización de recursos y la minimización del desperdicio.

El estudio tiene el propósito de evaluar el efecto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales, en proporciones variables, sobre las propiedades de ladrillos artesanales. A través de un enfoque experimental, se analizarán parámetros clave como la resistencia, la absorción de agua, la estabilidad dimensional y la durabilidad a largo plazo. Este análisis permitirá determinar la viabilidad técnica y las posibles ventajas de incorporar estos residuos en los procesos de fabricación artesanal.

Esta investigación no solo pretende aportar conocimiento técnico al desarrollo de materiales de construcción sostenibles, sino también ofrecer una solución práctica a dos problemas significativos: el manejo de residuos y la necesidad de optimizar la calidad de



los materiales de construcción. Con ello, se busca contribuir al progreso de prácticas más responsables dentro del sector, promoviendo la integración de alternativas sostenibles en comunidades donde la fabricación de ladrillos artesanales es una actividad económica fundamental.

En su estructura la presente investigación se presenta de la siguiente manera:

En el capítulo I, muestra el contexto general del problema de investigación, en el cual se exponen los antecedentes y la situación que motiva el desarrollo del estudio. Asimismo, se formulan los objetivos generales y específicos, orientados a dar respuesta a la problemática identificada, y se establecen las hipótesis de trabajo, que servirán como base para la validación de los resultados obtenidos a lo largo de la investigación.

En el capítulo II, Se desarrolla los antecedentes de la investigación y expone las bases teóricas relacionadas con el tema de estudio, proporcionando el sustento conceptual y científico necesario para orientar el desarrollo del trabajo.

En el capítulo III, se expone el diseño metodológico de la investigación, detallando los procedimientos aplicados, así como la población y la muestra consideradas para el desarrollo del estudio.

El capítulo IV, está orientado a la presentación, análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la evaluación, los cuales se exponen de manera ordenada y coherente en función de los objetivos planteados.

Posteriormente, se formulan las conclusiones principales, sustentadas en la evidencia recopilada, y se desarrolla la discusión de los hallazgos, contrastándolos con estudios previos y marcos teóricos, a fin de otorgar mayor solidez y validez a la investigación.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

A Nivel Internacional.

El manejo y disposición de residuos como el tereftalato de polietileno (PET) y los lodos de aguas residuales representan desafíos ambientales significativos en muchos países. A nivel mundial, la producción masiva de plástico PET, utilizado principalmente en envases, supera los 400 millones de toneladas anuales, y su acumulación genera graves problemas ambientales debido a su lenta biodegradación. Por otro lado, el tratamiento de aguas residuales produce grandes volúmenes de lodos que, si no se gestionan pueden contaminar cuerpos de agua, suelos y generar gases de efecto invernadero. (Gareca & Andrade, 2024).

En países como China, Alemania y Japón, se han realizado investigaciones sobre la reutilización de residuos como el PET y los lodos en la industria de la construcción. Estos estudios han demostrado que la adición de materiales reciclados en ladrillos puede mejorar ciertas propiedades físicas, como la resistencia y la durabilidad, a la vez que contribuyen a la reducción de residuos. Estas prácticas están alineadas con las metas globales de sostenibilidad y economía circular, promoviendo un enfoque innovador para reducir el impacto ambiental.

A Nivel Nacional (Perú).

En el contexto peruano, el manejo de residuos plásticos y lodos de aguas residuales continúa siendo un reto crítico. Según el MINAM, Perú genera más de un millón de toneladas de residuos plásticos al año, de los cuales menos del 2% son reciclados. En paralelo, las plantas de tratamiento de aguas residuales producen grandes cantidades de lodos, que en su mayoría no cuentan con procesos adecuados de disposición final. Esto genera riesgos ambientales y de salud pública, especialmente en regiones donde la infraestructura de gestión de residuos es limitada.

En la construcción, se han realizado estudios iniciales en universidades e institutos peruanos para evaluar el uso de residuos sólidos y lodos en materiales como bloques y ladrillos. Estas iniciativas han mostrado resultados prometedores, pero su implementación a nivel industrial aún es incipiente. En regiones con alta demanda de materiales de construcción, como la selva y los Andes, la integración de estos residuos podría representar una solución viable tanto para mitigar la contaminación como para fomentar la innovación en el sector. (Chura, 2021).

A Nivel Local (Distrito de Taraco, Puno).

En el distrito de Taraco, la gestión de residuos sólidos y lodos de aguas residuales es un problema persistente. Los residuos plásticos, en particular las botellas de PET, son ampliamente utilizados pero rara vez reciclados, lo que resulta en acumulaciones significativas en vertederos y espacios públicos. De igual forma, los lodos generados por el tratamiento de aguas residuales no reciben un manejo adecuado, lo que puede provocar la contaminación de ríos y suelos agrícolas en la zona.

Propósito del estudio:

El propósito del estudio en Taraco es evaluar la viabilidad técnica y ambiental de incorporar tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables en la fabricación de ladrillos artesanales. Esta solución busca no solo reducir el impacto ambiental generado, sino también mejorar las propiedades de los ladrillos producidos en

la región. Esto podría contribuir al desarrollo de un modelo sostenible que promueva la economía y la valorización de residuos, beneficiando tanto al medio ambiente como a la economía local.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades de ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024?
2. ¿Cuál es el efecto del empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades físicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024?
3. ¿Cuál es el impacto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades de ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024.



1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024.
2. Analizar el efecto del empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades físicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024.
3. Evaluar el impacto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

La incorporación de PET y lodo de aguas residuales en la fabricación de ladrillos artesanales tiene el potencial de mejorar ciertas propiedades técnicas del material. Este estudio permitirá determinar la viabilidad técnica de utilizar estos residuos, optimizando las mezclas para garantizar los estándares de calidad. Además, busca validar si estos materiales pueden contribuir a un rendimiento superior o equivalente al de los ladrillos convencionales.

1.4.2. Justificación económica

La reutilización de PET y lodos de aguas residuales puede reducir costos asociados a la adquisición de materias primas tradicionales, disminuyendo el precio de producción de los ladrillos. Esto beneficia tanto a los fabricantes como a los consumidores finales, al ofrecer un producto económicamente competitivo. Asimismo, se fomenta un uso más eficiente de los recursos, generando oportunidades de negocio en la revalorización de residuos y reduciendo gastos relacionados con su disposición final.



1.4.3. Justificación social

El proyecto tiene un impacto positivo en las comunidades donde se fabrican ladrillos artesanales, ya que promueve una actividad económica más sostenible y responsable. Al aprovechar residuos locales, se crean oportunidades de empleo y se fomenta la sensibilización sobre la importancia de la gestión de desechos. Además, el uso de estos ladrillos puede mejorar la calidad de las construcciones en comunidades rurales o urbanas con recursos limitados, contribuyendo al acceso a viviendas más asequibles y seguras.

1.4.4. Justificación ambiental

Este estudio aborda dos problemas ambientales críticos: la acumulación de PET, que contribuye a la contaminación plástica, y el manejo inadecuado de lodos de aguas residuales, que puede generar contaminación del suelo y agua. Al integrar estos residuos en un proceso productivo, se disminuye su impacto ambiental, promoviendo un enfoque de economía circular. El desarrollo de ladrillos sostenibles contribuye a reducir la extracción de recursos naturales.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La influencia de la incorporación de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades de ladrillos artesanales en el distrito de Taraco 2024.

1.5.2. Hipótesis específicas

1. Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024, cumplirán de manera exacta con la normativa recomendada.



2. El efecto del empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables será positiva mejorando las propiedades físicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024.
3. El impacto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables será positiva incrementando las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. Variable independiente

Tereftalato de polietileno (PET) y lodo de aguas residuales

Dimensiones

- Proporción de PET en 4%, 6% y 8%
- Proporción de reemplazo de LAR en 5%, 15% y 25%

1.6.2. Variable dependiente

Propiedades de los ladrillos artesanales.

Dimensiones

- Resistencia a la compresión.
- Absorción.
- Variación dimensional.
- Succión.
- Alabeo.



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Inst. Medición
1. Tereftalato de polietileno (PET)	El PET es un polímero termoplástico perteneciente al grupo de los poliésteres, ampliamente utilizado en la fabricación de envases, fibras textiles y materiales de ingeniería. Se obtiene a partir de polimerización de ácido tereftálico y etilenglicol, destacándose por su alta resistencia mecánica, ligereza y transparencia.	Agregado de materiales	PET: 4% 6% 8%	Ficha de control de calidad de laboratorio
2. Lodo de aguas residuales	El lodo de aguas residuales es el subproducto sólido o semisólido generado durante los procesos de tratamiento de aguas residuales en plantas de tratamiento.		LAR: 5% 15% 25%	
Variable Dependiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Inst. Medición
Propiedades de los ladrillos artesanales	Los ladrillos artesanales son materiales de construcción elaborados de forma manual, generalmente a partir de arcilla moldeada y secada al sol o cocida en hornos rudimentarios. Sus propiedades incluyen una resistencia mecánica variable, alta porosidad y baja uniformidad en tamaño y forma, lo que les confiere un aspecto rústico y distintivo. Además, suelen tener menor densidad y resistencia al agua que los ladrillos industriales, pero son apreciados por su bajo costo, facilidad de producción y capacidad para regular la temperatura y la humedad en las edificaciones.	Propiedades físicas	Absorción Succión Variación D. Alabeo	Guías y equipos de laboratorio
		Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según, Gareca y Andrade (2024) en su tesis "Material ecológico: ladrillos elaborados con suelo-cemento y polietileno tereftalato (PET)", El sector de la construcción se encuentra entre los más perjudiciales para el medio ambiente, lo que requiere el desarrollo de materiales novedosos con un ciclo de vida circular y poco efecto ecológico. El objetivo es producir un ladrillo de cemento del suelo que incluya PET que exhibe propiedades mecánicas comparables a las de los ladrillos cerámicos disponibles comercialmente. El enfoque experimental se empleó para determinar las características mecánicas de la resistencia, la densidad y la absorción mediante el análisis de tres tipos de dosis designados como M1, M2 y M3. Se presentaron un total de 43 especímenes para pruebas de muestras, realizadas a los 7, 14, 21 y 28 días. Los ensayos realizados evidencian que la adición del 3% de partículas de PET reciclado en la fabricación de ladrillos de suelo-cemento contribuye significativamente a mejorar su resistencia. Además de este beneficio mecánico, la utilización de dicho material reciclado representa una estrategia ambientalmente favorable, ya que permite reducir la cantidad de residuos plásticos que terminan contaminando el entorno.



Además, Tene y Zambrano (2023) en su tesis "Evaluación de lodos residuales de la planta de tratamiento de Colta Villa la Unión, para la fabricación de ladrillos artesanales", Esta investigación evaluó la idoneidad del lodo residual de la Instalación de tratamiento de aguas residuales PTAR en Cantón Colta para su uso como agregado en la producción de ladrillos hechos a mano que cumplen con los criterios de resistencia. Para proporcionar un uso novedoso para el lodo y mitigar su acumulación en vertederos sanitarios, se hicieron muestras de ladrillo con 5% y 20% de lodo residual dependiendo del peso de la tierra negra. El polvo de mármol se usó como aglutinante para la amalgama de materiales durante el proceso de cocción. En consecuencia, se generaron muestras de ladrillo que contienen 5%, 10%, 15% y 20% de lodo residual, con una adición de 3% de polvo de mármol. Se prepararon muestras que contenían 3%, 5% y 10% de lodo residual con una adición del 12% de polvo de mármol agregado. Los hallazgos indicaron que la incorporación de lodo residual del PTAR no mejoró la resistencia de los ladrillos, pero afectó favorablemente el peso final, lo que resultó en ladrillos menos densos y más ligeros. La aplicación de la adición de lodo residual del 5% demostró la mayor eficiencia en términos de propiedades mecánicas y rentabilidad. Se diseña un enfoque exploratorio para la fabricación de ladrillos utilizando el lodo sobrante previamente quemado.

Asimismo, Camargo y Yambay (2020) en su tesis "Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe", Este estudio examina la viabilidad de utilizar el lodo de aguas residuales de Quitumbe (PTAR-Q) como materia prima para la producción de ladrillos, empleando varias proporciones de lodo residual en ambas condiciones húmedas (10%, 15% y 20%) y condiciones secas (5%, 10% y 15%). Después de su desarrollo, se ejecutó un examen de las características mecánicas derivadas de las pruebas de compresión, utilizando las pruebas mínimas ordenadas por Inen 3049-5. En última instancia, se observó que los ladrillos con lodo residual húmedo al 5% tienen una resistencia de compresión superior en comparación con los ladrillos

estándar, lo que demuestra una mejora del 23%. La utilización del lodo residual en la construcción, particularmente en la producción de mampostería no estructural, es práctica y ventajosa para el PTAR-Q y los vertederos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según, Huiza (2023) en su tesis "Influencia del tereftalato de polietileno reciclado en propiedades físicas y mecánicas de albañilería confinada con ladrillo artesanal de arcilla, Huancayo", Este estudio evalúa cómo el PET afecta las cualidades de la mampostería limitadas con unidades de arcilla artesanal producidas en la región de Huancayo. Se crearon unidades de mampostería sólidas compuestas por una combinación de arcilla, aserrín y PET a concentraciones de 4%, 7% y 10%, y se compararon con la muestra de control que contiene 0% PET, se derivaron del estándar de mampostería E.070. La resistencia de las unidades ($F'B$) para la muestra de control (0% PET) es de 31.64 kg/cm², para la muestra A (4% PET) es 23.61 kg/cm², para la muestra B (7% PET) es 17.00 kg/cm², y para la muestra C (10% PET) es de 13.52 kg/cm². La resistencia axial de la mampostería ($F'M$) para la muestra de control y las muestras A, B y C es la siguiente: 21.72, 19.54, 17.65 y 17.37 kg/cm², para cada caso. La resistencia de corte de mampostería ($V'M$) de la muestra de control, junto con las muestras A, B y C, es la siguiente: 3.87, 3.61, 1.92 y 1.21 kg/cm², en cada caso. El análisis reveló que la incorporación de PET en las unidades artesanales no afecta positivamente sus cualidades físicas y mecánicas. En consecuencia, se recomienda dosis mínimas, ya que ayuda al reciclaje; La utilización de ladrillos de muestra (4% PET) daría como resultado el reciclaje de 142.00 kg de PET, equivalente al reciclaje 5826 botellas de plástico. Los ladrillos de la muestra de control (0% PET) y la muestra A (4% de PET) son adecuados para paredes que no soportan la carga, incluidas cercas, particiones y parapetos.

Además, Chura (2021) en su tesis "Incorporación de lodo de Aguas Residuales en la elaboración del ladrillo artesanal mejorando sus propiedades físico mecánicas – Puno,



2021", tiene como objetivo analizar la medida en que la inclusión del lodo de aguas residuales aumenta las propiedades de los ladrillos en Puno. El método científico aplicado de nivel explicativo y diseño experimental se utilizó como la técnica. Se produjeron ladrillos con la adición de lodos de aguas residuales a concentraciones de 0%, 5%, 10%, 20% y 40% en volumen, y se evaluaron sus propiedades mecánicas y físicas. Los hallazgos indicaron que el ladrillo de control del 0% exhibió una resistencia de 55.6 kg/cm², mientras que las adiciones óptimas de lodos de 5% y 10% produjeron resistencias de 54.6 kg/cm² y 56.7 kg/cm², ambos superando el requisito de 50 kg/cm² como estipulado por E.070 para los ladrillos artesanales. El análisis concluye que la inclusión de lodo es viable a niveles inferiores al 10% en la producción de ladrillos hechos a mano.

Asimismo, Cárdenas y Carrasco (2023) en su tesis "Comportamiento de tereftalato de polietileno en la elaboración de unidades de albañilería artesanal Sullana Piura 2023", El estudio realizado en Sullana, Piura, en 2023, investiga el impacto del tereftalato de polietileno en las cualidades físicas de las unidades de mampostería artesanal. La metodología empleada es cuasi-experimental y aplicada. La muestra consistirá en ladrillos artesanales de Ignacio Escudero, que se evaluará tanto sin aditivos como con proporciones variables de adiciones a PET al 3%, 6%, 9% y 12%. Los datos recopilados se evaluarán y analizarán utilizando Excel y el software SPSS, lo que resulta en tablas y cifras que indican la proporción óptima de PET en esta unidad de mampostería es del 6%. Se determinó que la unidad de mampostería Ignacio Escudero en Sullana no cumple con el estándar técnico para las unidades de mampostería, ya que tenía una resistencia de 16.7 kg/cm². Del mismo modo, estas unidades mejoraron su resistencia con la incorporación del 6% de PET, logrando una resistencia de 15.9 kg/cm² y una tasa de absorción de 22.4.

Finalmente, Bazán (2022) en su tesis "Elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca", tiene como objetivo desarrollar ladrillos de arcilla que integren el lodo residual del PTAR en



Cajamarca, utilizando una metodología cuantitativa y científica aplicada. En consecuencia, los ladrillos se produjeron utilizando lodo residual al 5%, 10% y un 15% para evaluar sus cualidades mecánicas físicas y para facilitar la comparación con el estándar E.070. La investigación arrojó las siguientes conclusiones: las pruebas realizadas para evaluar la resistencia mecánica de los ladrillos revelaron que los ladrillos artesanales que contienen 5%, 10% y 15% de lodo residual se clasifican como ladrillos tipo I. Esta clasificación indica su idoneidad para las construcciones de mampostería en escenarios de baja demanda, caracterizados por una vida útil y durabilidad significativamente limitadas. La opción óptima es utilizar ladrillos con un 5% de inclusión de lodo residual, ya que demuestran un rendimiento superior en las pruebas de compresión y absorción. En la prueba de Alabeo realizada para evaluar las propiedades de los ladrillos, aquellos con una inclusión de lodos residual del 15% exhibieron un mayor porcentaje de Alabeo, lo que indica menos eficacia. La mampostería, influenciada por el grosor del mortero utilizado durante el edificio con este tipo de ladrillo, puede alterarse mientras se elabora ladrillos hechos a mano, que requieren mayor atención en el proceso de producción.

Según Aguilar y Alcantar (2022) en su tesis "Efecto del tereftalato de polietileno en la resistencia a la compresión de ladrillos King Kong artesanales en viviendas, Tumbes, 2022", La búsqueda de materiales de rendimiento superiores mejora el desarrollo de bienes más eficientes, compactos y resilientes, al tiempo que prioriza las consideraciones ambientales, un foco central de varios programas mundiales. En este contexto, la materialidad de la construcción tiene como objetivo identificar muestras superiores con un impacto ambiental mínimo. Este criterio resalta la falta de comprensión con respecto al efecto de incorporar fibras en el KK artesanal, presentando un problema de investigación y el objetivo de evaluar esta influencia. Reconocer que un impacto positivo en el rendimiento de los ladrillos KK con la inclusión de fibras PET podría reducir significativamente la contaminación de las botellas de bebidas de plástico descartadas. Los valores del estudio indican una mejora notable en la resistencia de los ladrillos KK



analizados, con un valor máximo de 350.7 kg/cm^2 a los 28 días con una dosis del 4% en peso de las fibras PET, mientras que una tendencia decreciente en ventajas se muestra con dosis más altas. Una simulación por computadora demostró que el rendimiento sísmico de una estructura estándar construida con ladrillos KK que contenían 4% de PET exhibían derivaciones mínimas en comparación con todos los demás valores evaluados.

2.1.3. Antecedentes locales

Según, Ccalli y Fernandez (2024) en su tesis "Caracterización del ladrillo ecológico con material reciclable PET y plástico para construcción sostenible en distrito de Amantaní, Puno, 2022", Actualmente, la producción de PET y basura plástica constituye un problema ambiental significativo a nivel mundial; Además, Amantaní exhibe la creación de desechos más altas según la investigación de caracterización. Este proyecto tiene como objetivo reciclar y reutilizar la basura en ladrillos ecológicos, con el objetivo de analizar las propiedades de estos ladrillos, que se componen de botellas PET llenas de plástico reciclado, para la aplicación en edificios. Para lograr este propósito, se realizaron pruebas de aislamiento acústico y térmico, así como cálculos de masa, para evaluar las cualidades de los ladrillos ecológicos. Los hallazgos demuestran que los ladrillos compuestos de botellas PET llenas de plástico reciclado proporcionan beneficios sustanciales para el aislamiento térmico en relación con los materiales tradicionales. Del mismo modo, se demostró que la construcción de una vivienda rural convencional en la región requiere el reciclaje y la reutilización de cantidades sustanciales de botellas de PET, por lo tanto, mitiga el daño ambiental que generan. Del mismo modo, se construyó un modelo de escala para evaluar la temperatura interior, que luego se comparó con la de una vivienda de ladrillo convencional en la región, revelando una mejora. Se determina que la utilización de ladrillos compuestos de botellas PET llenas de plástico reciclado es una opción factible para la construcción de viviendas, mitigando simultáneamente el efecto ambiental de las botellas de PET y plástico en Amantaní. Se recomienda educar al público sobre el reciclaje de plástico PET como material alternativo en la construcción.



2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ladrillos artesanales

Los ladrillos artesanales son elementos de construcción fabricados a mano o mediante procesos rudimentarios, sin la intervención de maquinaria automatizada. Se caracterizan por utilizar técnicas tradicionales que, en muchos casos, han sido transmitidas de generación en generación. Estos ladrillos se producen a partir de materias primas locales, como arcilla, arena y agua, las cuales se mezclan hasta obtener una masa homogénea que luego se moldea manualmente o con ayuda de moldes de madera. Tras el moldeado, los ladrillos se secan al sol y se cocen en hornos rudimentarios, alcanzando la dureza necesaria para ser empleados en edificaciones. (Carbajal, 2020).

A diferencia de los ladrillos industriales, los artesanales presentan un aspecto más irregular y variado, tanto en su forma como en su color, debido a las variaciones en los materiales y al proceso manual de fabricación. Esta irregularidad es una de sus principales características distintivas, lo que les otorga un valor estético especial, especialmente en construcciones con un estilo rústico o tradicional. Además, los ladrillos artesanales suelen ser más porosos, lo que los hace menos densos pero también más propensos a absorber humedad, dependiendo del tipo de cocción y los materiales utilizados.

Estos ladrillos son una opción sostenible en comunidades rurales o zonas donde los recursos y la infraestructura para fabricar ladrillos industriales son limitados. La producción de ladrillos artesanales promueve el uso de materiales locales, reduce la dependencia de transporte y, en muchos casos, genera empleo para los habitantes de la zona. Sin embargo, también presenta desafíos relacionados con la calidad y la uniformidad de los productos, lo que puede limitar su uso en proyectos que requieran altos estándares de resistencia estructural. (Carbajal, 2020).

En resumen, los ladrillos artesanales combinan tradición, sostenibilidad y estética, desempeñando un papel importante en la construcción local y en el mantenimiento de las



prácticas arquitectónicas tradicionales. Su valor trasciende lo meramente funcional, al integrarse como elementos culturales y patrimoniales en muchas comunidades.

2.2.1.1. Características del ladrillo artesanal

El ladrillo artesanal, fabricado de manera tradicional, presenta características distintivas debido a su proceso de elaboración manual y al uso de técnicas rudimentarias. (Chicchón & Rivasplata, 2020). A continuación, se destacan las principales características:

✓ **Proceso de fabricación manual.**

El ladrillo artesanal se elabora principalmente a mano o con herramientas básicas, siguiendo técnicas tradicionales. Esto implica el uso de moldes simples, secado al sol y cocción en hornos rudimentarios, lo que da como resultado productos únicos en apariencia y calidad.

✓ **Irregularidad en forma y tamaño.**

A diferencia de los ladrillos industriales, los artesanales presentan variaciones en su forma, tamaño y acabado debido al proceso manual y a la falta de maquinaria precisa. Estas diferencias les confieren un carácter distintivo, aunque pueden ser una limitación en proyectos que requieran alta precisión.

✓ **Textura y apariencia rústica.**

Los ladrillos artesanales suelen tener una superficie más rugosa y un acabado menos uniforme. Su color puede variar desde tonos rojizos a marrones o amarillos, dependiendo de los materiales y el nivel de cocción. Estas características los hacen populares en construcciones con estilos rústicos o coloniales.

✓ **Porosidad y capacidad de absorción.**

Estos ladrillos tienden a ser más porosos que los industriales, lo que significa que pueden absorber mayor cantidad de agua. Aunque esta propiedad puede ser útil en climas cálidos para regular la temperatura, también puede ser una desventaja en regiones húmedas, ya que pueden deteriorarse más rápidamente.



✓ **Uso de materiales locales.**

La fabricación del ladrillo artesanal se basa en el uso de recursos naturales disponibles en la zona, como arcilla y arena, lo que reduce la necesidad de transporte y los hace más sostenibles en términos de impacto ambiental.

✓ **Durabilidad limitada.**

Aunque pueden ser resistentes, la calidad del ladrillo artesanal depende en gran medida de la experiencia del artesano y de las condiciones del proceso de cocción. Si la cocción no es uniforme o si la mezcla de materiales no es adecuada, los ladrillos pueden ser frágiles o quebradizos.

✓ **Producción sostenible y culturalmente significativa.**

La fabricación de ladrillos artesanales no solo tiene un impacto ambiental reducido, sino que también preserva prácticas culturales y genera empleo en comunidades locales. Esto los convierte en un recurso valioso para proyectos arquitectónicos que buscan respetar tradiciones y promover la sostenibilidad. (Chicchón & Rivasplata, 2020).

✓ **Costo competitivo.**

En muchas regiones rurales o con recursos limitados, los ladrillos artesanales suelen ser más económicos que los industriales, especialmente debido al bajo costo de producción y transporte, aunque pueden requerir mayor cuidado en su manejo e instalación.

En general, los ladrillos artesanales combinan funcionalidad y valor cultural, siendo una opción ideal para construcciones que prioricen el carácter estético y la sostenibilidad local.

2.2.1.2. Proceso de fabricación de los ladrillos artesanales

La fabricación de ladrillos artesanales es un proceso tradicional que combina técnicas manuales, conocimientos transmitidos de generación en generación y el uso de recursos locales. Este método, aunque rudimentario, permite la creación de piezas únicas

que destacan por su aspecto rústico y su conexión con la cultura de la región. (Chicchón & Rivasplata, 2020). A continuación, se detalla cada etapa del proceso:

1. Extracción y preparación de la materia prima.

El proceso comienza con la extracción de arcilla, el material base para los ladrillos, generalmente obtenida de canteras cercanas o suelos con alta plasticidad. La arcilla se limpia minuciosamente para eliminar piedras, raíces, y otros elementos no deseados que puedan afectar la calidad.

La arena se utiliza en esta materia prima para mitigar la contracción excesiva durante el proceso de secado. Se incorporan otros materiales como fibras vegetales (paja o aserrín) para mejorar su cohesión y reducir la formación de grietas. Se añade agua gradualmente para formar una masa homogénea, cuya consistencia debe ser maleable pero no demasiado húmeda.

2. Amasado de la mezcla.

La mezcla de arcilla, arena y agua se amasa manualmente o con herramientas básicas como palas, rodillos o incluso con la ayuda de animales en comunidades rurales. Este proceso asegura que la arcilla tenga una textura uniforme y libre de grumos, lo que es crucial para evitar debilidades estructurales en los ladrillos.

En algunos casos, se deja reposar la mezcla durante unas horas o días para permitir que la arcilla absorba bien el agua y adquiera la plasticidad adecuada.

3. Moldeado de los ladrillos.

El moldeado es una etapa clave, ya que define la forma y el tamaño de los ladrillos. Para ello, se utilizan moldes de madera o metal, dentro de los cuales se compacta la mezcla de arcilla. Se emplea arena o agua en los moldes para evitar que la arcilla se adhiera, facilitando la extracción.

La precisión en esta etapa depende de la habilidad del artesano. Una vez desmoldados, los ladrillos se colocan sobre superficies planas y limpias para conservar su forma mientras se secan. (Chicchón & Rivasplata, 2020).



4. Secado al aire libre.

Los ladrillos recién moldeados contienen un alto porcentaje de humedad y deben secarse antes de ser cocidos. Este secado se realiza al aire libre, colocándolos en hileras y exponiéndolos al sol durante varios días. En climas secos, el tiempo de secado es menor, pero en regiones húmedas, puede ser necesario usar estructuras techadas para protegerlos de la lluvia.

El secado lento y uniforme es esencial para evitar deformaciones o grietas en los ladrillos. En esta etapa, los ladrillos pierden entre el 20% y el 30% de su peso inicial debido a la evaporación del agua.

5. Cocción en hornos rudimentarios.

Una vez secos, los ladrillos se apilan cuidadosamente en hornos tradicionales hechos de tierra o ladrillos. Estos hornos rudimentarios suelen ser alimentados con leña, carbón, estiércol seco u otros combustibles locales, y pueden alcanzar temperaturas de entre 700 y 1,000 °C.

El proceso de cocción puede durar varios días y requiere un monitoreo constante para mantener una temperatura uniforme. Una cocción insuficiente produce ladrillos frágiles, mientras que una excesiva puede causar vitrificación o deformaciones.

Durante la cocción, los ladrillos adquieren su resistencia y color final, que varía según el tipo de arcilla y la temperatura alcanzada.

6. Enfriamiento y selección.

Tras la cocción, los ladrillos se dejan enfriar lentamente dentro del horno para evitar agrietamientos por cambios bruscos de temperatura. Una vez enfriados, se seleccionan y clasifican según su calidad, eliminando aquellos que presentan defectos como fisuras, deformaciones o falta de cocción adecuada.

Los ladrillos seleccionados están listos para ser transportados y utilizados en la construcción, destacando por su durabilidad y estética rústica.

2.2.1.3. Ventajas del proceso artesanal de fabricación de ladrillos

La fabricación de ladrillos tiene varias ventajas, especialmente en contextos rurales o en comunidades donde prevalece el uso de técnicas tradicionales. (Tapia, 2024). Estas ventajas incluyen:

- **Sostenibilidad y uso de recursos locales.**

El proceso artesanal utiliza principalmente materiales disponibles en la región, como arcilla, arena y agua. Esto reduce la dependencia de transporte y maquinaria pesada, disminuyendo la huella ambiental.

- **Bajo costo de producción.**

Al no requerir maquinaria compleja ni tecnología avanzada, la producción de ladrillos artesanales implica menores costos iniciales. Además, en muchas comunidades rurales, los materiales como la arcilla y la leña están disponibles a bajo costo o incluso de forma gratuita.

- **Generación de empleo local.**

La fabricación artesanal promueve la creación de empleos en las comunidades, ya que es un proceso intensivo en mano de obra. Este impacto social beneficia especialmente a familias rurales, fortaleciendo las economías locales y preservando las tradiciones laborales.

- **Conservación de tradiciones culturales.**

La técnica artesanal de fabricación de ladrillos forma parte del patrimonio cultural en muchas regiones. Su preservación permite mantener vivas las tradiciones constructivas y fortalecer la identidad cultural, especialmente en proyectos arquitectónicos tradicionales o históricos.

- **Adaptabilidad del producto.**

El proceso artesanal permite ajustar las dimensiones, texturas y acabados de los ladrillos. Esto los convierte en una opción versátil para construcciones personalizadas o restauraciones de edificaciones antiguas. (Tapia, 2024).



- **Menor impacto inicial en el medio ambiente.**

En comparación con procesos industriales, la producción artesanal evita el uso de combustibles fósiles y maquinaria pesada. Aunque utiliza leña como combustible, esta puede ser sostenible si se emplean prácticas de reforestación adecuadas.

- **Estética única y rústica.**

Los ladrillos artesanales tienen una apariencia distintiva, con texturas y colores naturales que no se encuentran en los productos industriales. Esto los hace ideales para construcciones que buscan un estilo rústico, tradicional o colonial.

- **Producción en pequeñas escalas.**

El proceso artesanal permite fabricar ladrillos en cantidades reducidas, lo que es ideal para proyectos pequeños o comunidades con demanda limitada. Además, esta flexibilidad evita la sobreproducción y el desperdicio de materiales.

- **Aporte a la sostenibilidad social.**

Más allá de los beneficios económicos, este proceso fomenta el trabajo colectivo y la transmisión de conocimientos entre generaciones. Esto contribuye al fortalecimiento de los lazos comunitarios y a la continuidad de prácticas sostenibles.

- **Posibilidad de integración en proyectos ecológicos.**

El proceso artesanal puede alinearse con iniciativas de construcción ecológica, especialmente si se utilizan materiales complementarios como fibras naturales o combustibles renovables. Esto permite reducir el impacto ambiental y crear edificaciones sostenibles.

2.2.1.4. Desafíos del proceso artesanal de fabricación de ladrillos

- ✓ Falta de estandarización en calidad y dimensiones.

El proceso manual y las herramientas rudimentarias generan variaciones significativas en el tamaño, forma y resistencia de los ladrillos. Esto puede dificultar

su uso en construcciones que requieren uniformidad y precisión, además de generar mayor tiempo de ajuste durante la obra. (Fuentes, 2023).

✓ **Dependencia de las condiciones climáticas.**

El secado al aire libre depende en gran medida de un clima soleado y seco. En temporadas de lluvia o alta humedad, el tiempo de secado se prolonga, lo que puede retrasar la producción y afectar la calidad del producto final. En climas húmedos, también es más probable que los ladrillos desarrollen grietas o deformaciones.

✓ **Consumo de combustibles tradicionales.**

El uso de leña u otros combustibles no sostenibles para la cocción puede contribuir a la deforestación y a emisiones de carbono. Este impacto ambiental es un desafío importante, especialmente en regiones donde los recursos forestales son limitados o no se implementan prácticas de reforestación.

✓ **Fragilidad ante condiciones extremas.**

Los ladrillos artesanales, especialmente si no están bien cocidos, pueden ser más frágiles y vulnerables a la humedad, lo que reduce su durabilidad. Esto limita su aplicación en proyectos de alta exigencia estructural o en regiones con climas extremos.

✓ **Baja eficiencia en la producción.**

El proceso artesanal es intensivo en mano de obra y tiempo, lo que reduce la cantidad de ladrillos producidos en comparación con métodos industriales. Esto puede ser un desafío cuando se necesita satisfacer demandas a gran escala o en plazos cortos.

✓ **Variabilidad en la cocción.**

La cocción en hornos rudimentarios es difícil de controlar, lo que resulta en ladrillos con grados de resistencia y color inconsistentes. Temperaturas insuficientes producen ladrillos débiles, mientras que temperaturas excesivas pueden vitrificar o deformar el material. (Fuentes, 2023).

✓ **Limitaciones en propiedades técnicas.**

Los ladrillos artesanales suelen ser más porosos y menos densos que los industriales, lo que puede afectar su capacidad de carga y su resistencia al agua y a los agentes químicos. Esto puede restringir su uso en edificaciones modernas que demandan altos estándares técnicos.

✓ **Impacto ambiental indirecto.**

Aunque el proceso artesanal evita el uso de maquinaria pesada, el consumo de grandes cantidades de leña y agua puede generar un impacto ambiental significativo si no se gestionan de manera sostenible. Además, la extracción de arcilla puede afectar la calidad del suelo y el ecosistema local.

✓ **Falta de apoyo tecnológico.**

El acceso limitado a tecnologías mejoradas o alternativas sostenibles puede perpetuar las ineficiencias del proceso artesanal. La falta de inversión en innovación y capacitación técnica limita el potencial de mejora en la producción.

✓ **Desafíos económicos y de mercado.**

Los ladrillos artesanales enfrentan competencia con los productos industriales, que suelen ofrecer precios competitivos y estándares uniformes. Esto puede hacer que los ladrillos artesanales pierdan mercado, especialmente en proyectos urbanos o a gran escala. (Fuentes, 2023).

✓ **Riesgo de pérdida de tradición.**

A medida que la industria moderna gana terreno, la fabricación artesanal enfrenta el riesgo de desaparecer en algunas comunidades, junto con los conocimientos tradicionales asociados al oficio.

2.2.2. Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales

Los ladrillos artesanales poseen propiedades que dependen en gran medida de los materiales utilizados, el método de fabricación, las condiciones de secado y cocción. Estas

propiedades son clave para determinar su desempeño en la construcción. (Medrano et al., 2023).

Propiedades físicas:

a. Porosidad.

La porosidad es una de las propiedades más características de los ladrillos. Se debe a las condiciones de moldeado manual y cocción no uniforme en hornos rudimentarios. Esta alta porosidad les confiere ciertas ventajas, como capacidad de aislamiento térmico, pero también limita su resistencia a la humedad, ya que absorben una mayor cantidad de agua. Por esta razón, no siempre son recomendables para construcciones expuestas a climas húmedos o lluviosos.

b. Densidad.

La densidad de los ladrillos artesanales suele ser menor que la de los industriales debido a su mayor porosidad y a la compactación menos controlada durante el moldeado. La densidad varía entre 1,600 y 1,800 kg/m³ dependiendo de la mezcla utilizada y el proceso de fabricación. Su peso más liviano puede facilitar su manejo en obra, aunque también influye en su capacidad de carga.

c. Color.

El color de los ladrillos artesanales depende de los minerales presentes en la arcilla y del nivel de cocción alcanzado. Los tonos más comunes son los rojizos, amarillos y marrones. Una cocción insuficiente produce tonos más claros y ladrillos menos resistentes, mientras que una cocción excesiva puede generar vitrificación en ciertas zonas del ladrillo. (Medrano et al., 2023).

d. Textura y acabado.

Los ladrillos artesanales presentan una superficie rugosa e irregular, con variaciones naturales debido al moldeado manual y al uso de herramientas simples. Estas características estéticas son valoradas en construcciones rústicas, coloniales y tradicionales, donde se busca un acabado natural y auténtico.

e. Capacidad térmica.

Los ladrillos artesanales tienen una capacidad de aislamiento térmico adecuada para climas cálidos, donde contribuyen a mantener temperaturas interiores más frescas. Esto se debe a su estructura porosa, que limita la transferencia de calor. Sin embargo, en climas fríos o húmedos, esta misma propiedad puede resultar desfavorable si no se toman medidas adicionales de protección.

f. Variabilidad dimensional.

Las dimensiones de los ladrillos artesanales pueden variar ligeramente debido al moldeado manual y a la contracción durante el secado y la cocción. Aunque esta característica aporta un toque estético único, puede ser un desafío en proyectos que requieren precisión dimensional para garantizar un ensamblaje uniforme.

Propiedades mecánicas:**g. Resistencia a la compresión.**

La resistencia es un parámetro clave para evaluar la capacidad de carga de los ladrillos. En los ladrillos artesanales, esta resistencia varía considerablemente (20 a 50 kg/cm²) según la calidad de los materiales y la cocción. Aunque son adecuados para muros no portantes o decorativos, en estructuras portantes pueden requerir refuerzos adicionales o mezclarse con ladrillos de mayor resistencia. (Medrano et al., 2023).

h. Resistencia a la flexión.

Los ladrillos artesanales tienen una baja resistencia a la flexión debido a su mayor porosidad y a las irregularidades internas derivadas del proceso de fabricación. Esto los hace más susceptibles a fracturarse bajo tensiones de tracción o impactos laterales, limitando su uso en estructuras sometidas a fuerzas dinámicas.

i. Durabilidad y resistencia a la intemperie.

La durabilidad de los ladrillos está influenciada por su grado de cocción y su porosidad. Si la cocción es insuficiente, los ladrillos pueden ser vulnerables a la

erosión y al deterioro por acción del agua y las sales. En regiones con climas extremos, es necesario aplicar recubrimientos protectores o impermeabilizantes para prolongar su vida útil.

j. Adherencia al mortero.

Gracias a su textura rugosa, los ladrillos artesanales tienen una excelente adherencia al mortero, lo que facilita su integración en muros y permite uniones firmes. Esta propiedad es especialmente ventajosa en construcciones donde se requieren acabados decorativos o estructuras no homogéneas.

k. Comportamiento frente al impacto.

Debido a su menor densidad y variabilidad interna, los ladrillos artesanales son más propensos a romperse si no se manipulan con cuidado durante el transporte o la construcción. Esto los hace menos resistentes en comparación con ladrillos industriales.

l. Resistencia al fuego.

Los ladrillos cocidos adecuadamente tienen una buena resistencia al fuego, ya que la alta temperatura del horno elimina la materia orgánica de la arcilla y la estabiliza. Esto los convierte en una opción viable para construcciones que requieren protección contra incendios, como chimeneas o estructuras con riesgo de exposición a altas temperaturas.

Conclusión.

Las propiedades de los ladrillos reflejan las limitaciones y ventajas de su proceso de fabricación. Aunque presentan menor resistencia y uniformidad en comparación con los ladrillos industriales, destacan por su estética, su capacidad de aislamiento térmico y su adaptabilidad a construcciones tradicionales y sostenibles. Sin embargo, es fundamental evaluar su idoneidad para proyectos específicos, considerando factores como el clima, el tipo de estructura y las condiciones de carga. Con un manejo adecuado, los ladrillos artesanales pueden ser una solución valiosa tanto funcional como culturalmente.

2.2.3. *Tereftalato de polietileno*

Es un polímero termoplástico ampliamente utilizado, perteneciente a la familia de los poliésteres. Se obtiene mediante la polimerización de dos compuestos principales: el ácido tereftálico (o su derivado, el dimetiltereftalato) y el etilenglicol. Su fórmula química repetitiva es $(C_{10}H_8O_4)_n$ $(C_{10}H_8O_4)_n$, y se caracteriza por su estructura molecular que le otorga alta resistencia mecánica, transparencia y versatilidad en aplicaciones industriales (Castro, 2024).

El PET destaca por sus propiedades físicas y químicas. Es un material ligero pero con alta resistencia a la tensión, lo que lo hace ideal para la fabricación de envases rígidos y duraderos. Además, tiene una buena barrera contra gases como el dióxido de carbono y el oxígeno, lo que contribuye a mantener la frescura de los productos alimenticios y bebidas almacenadas en recipientes hechos de este material. Su transparencia óptica y su capacidad para ser moldeado fácilmente también lo convierten en un material estéticamente atractivo para diversas aplicaciones.

Desde el punto de vista químico, el PET es resistente a la mayoría de los disolventes orgánicos y a la hidrólisis en condiciones normales. Sin embargo, es susceptible a la degradación cuando se expone a altas temperaturas, humedad extrema o radiación ultravioleta durante períodos prolongados. Para mejorar su desempeño en ciertas aplicaciones, se pueden añadir estabilizadores térmicos o agentes protectores UV.

El uso más conocido del PET es en la fabricación de botellas para bebidas, pero también se emplea en textiles bajo la forma de fibras de poliéster, láminas para embalaje y componentes industriales. En su forma reciclada, conocida como PET (PET reciclado), este material se utiliza cada vez más en aplicaciones sostenibles, contribuyendo a la economía circular al reducir la demanda de materiales vírgenes.

En términos ambientales, el PET es reciclable, lo que representa una ventaja significativa en comparación con otros plásticos no reciclables. Sin embargo, su reciclaje requiere infraestructuras específicas, y su acumulación en el medio ambiente puede causar problemas ecológicos si no se gestiona adecuadamente. A pesar de esto, su potencial para

ser reutilizado en una amplia variedad de productos ha impulsado iniciativas globales para mejorar la recolección y reciclaje de envases de PET. (Castro, 2024).

Figura 1

Tereftalato de polietileno (PET)



Nota. Reciclado por el tesista.

2.2.3.1. Propiedades del tereftalato de polietileno (PET)

Las propiedades del PET pueden clasificarse en físicas, mecánicas y químicas de la siguiente manera:

Tabla 2

Propiedades del tereftalato de polietileno

Tipo de propiedad	Propiedad	Descripción / Valor aproximado
Física	Densidad	1.33 – 1.38 g/cm ³
	Estado físico	Sólido, transparente o translúcido
	Temperatura de fusión	250°
	Absorción de humedad	Muy baja
	Color	Incoloro o ligeramente azulado (varia al reciclarse)
Mecánicas	Estabilidad dimensional	Alta, buena conservación de forma bajo condiciones normales
	Resistencia a la tracción	55 – 75 Mpa
	Módulo de elasticidad	2.7 Gpa
	Dureza	Alta, resistente al rayado y abrasión
	Tenacidad	Buena resistencia al impacto
	Resistencia al desgaste	Buena, soporta condiciones de fricción y uso continuo

Químicas	Composición química	Polímero del ácido tereftálico y etilenglicol
	Resistencia química	Alta, estable frente a ácidos diluidos, aceites y disolventes
	Biodegradabilidad	No biodegradable
	Higroscopicidad	Baja: mínima absorción de humedad
	Reciclabilidad	Alta: reciclaje mecánico o químico

Se ha elaborado esta tabla con las propiedades físicas, mecánicas y químicas del tereftalato de polietileno (PET), utilizadas como referencia técnica para sustentar su aplicación en la elaboración del ladrillo artesanal. Cabe precisar que, debido a las limitaciones logísticas y de equipamiento en nuestra universidad, no fue posible realizar ensayos de laboratorio especializados para determinar estas propiedades de forma experimental. La institución no cuenta con equipos avanzados como, cámaras de análisis térmico diferencial (DSC), espectrofotómetros, ni laboratorios de caracterización de polímeros que permitan obtener datos precisos bajo normas internacionales.

Por esta razón, se recurrió al respaldo bibliográfico de autores y entidades reconocidas en el campo de la ciencia de materiales. Específicamente, se tomó como referencia la obra de (Callister & Rethwisch, 2012), quienes describen de forma detallada y comprobada en laboratorio las propiedades mecánicas y térmicas del PET, como su resistencia a la tracción (55–75 MPa) y su módulo de elasticidad (~2.7 GPa). Asimismo, se consideraron las fichas técnicas publicadas por la organización PlasticsEurope, la cual agrupa a fabricantes y laboratorios especializados de la industria del plástico en Europa, y que ha documentado propiedades físicas como la densidad (1.33–1.38 g/cm³) y la temperatura de fusión (~250 °C) mediante ensayos normalizados. En cuanto a la resistencia química y la biodegradabilidad, se citó el trabajo de (Palma & Tenesaca, 2020), quienes realizaron un estudio exhaustivo sobre el comportamiento del PET frente a microorganismos y agentes químicos.

En ese sentido, la información presentada en la tabla se basa en datos verificados científicamente y generados a partir de laboratorios profesionales equipados, lo cual le otorga confiabilidad a los resultados que respaldan esta investigación. Aunque en este

trabajo no se replicaron dichas pruebas, se consideró esencial incluir esta caracterización técnica para justificar el comportamiento del PET reciclado dentro del proceso de fabricación del ladrillo artesanal.

2.2.3.2. Características del tereftalato de polietileno (PET)

Es un polímero termoplástico utilizado en la industria gracias a sus excelentes propiedades físicas, mecánicas y químicas. Es un material versátil que destaca por su durabilidad, transparencia y resistencia. (Ponce, 2022).

Propiedades físicas:

- **Transparencia.**

El PET es altamente transparente, lo que lo hace ideal para aplicaciones como envases y botellas, ya que permite una excelente visibilidad del contenido.

- **Ligereza.**

Es un material liviano, lo que reduce los costos de transporte y facilita su manejo, especialmente en la industria de alimentos y bebidas.

- **Resistencia al impacto.**

El PET tiene buena resistencia al impacto, lo que le permite soportar caídas y golpes sin romperse fácilmente, siendo una alternativa segura a materiales como el vidrio.

- **Impermeabilidad.**

Presenta una baja permeabilidad al agua y al dióxido de carbono, lo que ayuda a preservar los alimentos y bebidas, prolongando su vida útil.

- **Color adaptable.**

Aunque naturalmente es transparente, el PET puede ser coloreado mediante la adición de pigmentos, ampliando su aplicación en productos personalizados.



Propiedades mecánicas:

- **Alta resistencia a la tracción.**

El PET posee una resistencia a la tracción excepcional, que lo convierte en ideal para aplicaciones que requieren materiales robustos pero flexibles, como fibras textiles y películas. (Ponce, 2022).

- **Elasticidad moderada.**

Aunque es rígido, tiene una ligera flexibilidad, lo que lo hace menos propenso a quebrarse bajo estrés.

- **Estabilidad dimensional.**

El PET mantiene sus dimensiones y forma incluso bajo tensiones mecánicas o cambios de temperatura moderados.

- **Capacidad de reciclaje.**

Es un material completamente reciclable, lo que lo convierte en una opción sostenible en comparación con otros plásticos.

Propiedades químicas:

- **Resistencia química.**

El PET es resistente a muchos ácidos, bases diluidas y agentes químicos comunes, aunque puede ser vulnerable a álcalis fuertes y disolventes orgánicos. (Ponce, 2022).

- **Baja absorción de humedad.**

Este polímero tiene una absorción de humedad mínima, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en las que el contacto con agua o humedad es frecuente.

- **Compatibilidad alimentaria.**

Es inerte y no reacciona químicamente con la mayoría de los alimentos y bebidas, lo que lo hace apto para envases de productos comestibles.

Propiedades térmicas:○ **Resistencia térmica.**

El PET puede soportar temperaturas moderadamente altas (hasta aproximadamente 120 °C en condiciones específicas) sin deformarse, aunque no es adecuado para uso a altas temperaturas prolongadas.

○ **Propiedades termoplásticas.**

El PET puede ser calentado y moldeado repetidamente, lo que facilita su procesamiento en diversas formas y aplicaciones.

○ **Sensibilidad a temperaturas extremas.**

A temperaturas muy bajas, el PET puede volverse quebradizo, y a altas temperaturas prolongadas puede experimentar deformaciones o degradación.

2.2.3.3. Ventajas y desventajas del tereftalato de polietileno (PET)

El PET es un material ampliamente utilizado por sus propiedades únicas, pero también tiene limitaciones. (Yucra, 2023). A continuación, se detallan sus ventajas y desventajas:

Ventajas.

- Reducción de residuos plásticos: Incorporar PET reciclado en los ladrillos artesanales contribuye a mitigar la acumulación de residuos plásticos, promoviendo la reutilización de materiales y ayudando a reducir la contaminación ambiental.
- Mejora de propiedades mecánicas: El PET, cuando se mezcla adecuadamente con la arcilla, puede aumentar la resistencia a la compresión y la flexión del ladrillo, haciéndolo más durable y menos susceptible a fracturas.
- Ligereza: Los ladrillos fabricados con PET suelen ser más livianos que los ladrillos tradicionales, lo que facilita su transporte y manejo durante el proceso constructivo, además de reducir la carga en estructuras.



- **Aislamiento térmico:** El PET mejora las propiedades de aislamiento térmico de los ladrillos, ya que su naturaleza plástica reduce la transferencia de calor. Esto los hace ideales para climas extremos, tanto cálidos como fríos.
- **Resistencia al agua:** La incorporación de PET en los ladrillos disminuye su porosidad, mejorando su resistencia a la absorción de agua. Esto aumenta su durabilidad en ambientes húmedos o lluviosos.
- **Costo reducido:** El uso de PET reciclado puede abaratar los costos de producción de ladrillos al sustituir parcialmente la arcilla, especialmente en regiones donde el reciclaje de PET es económicamente viable.

Desventajas.

- **Complejidad en la mezcla:** La integración del PET en la masa de arcilla requiere procesos específicos para garantizar una distribución uniforme. Si no se logra, los ladrillos pueden presentar inconsistencias en su estructura y resistencia.
- **Emisiones durante la cocción:** El PET puede liberar gases tóxicos durante el proceso de cocción en hornos rudimentarios, lo que plantea riesgos para la salud de los trabajadores y el medio ambiente si no se cuenta con un sistema adecuado de control de emisiones. (Yucra, 2023).
- **Dependencia de infraestructura de reciclaje:** La disponibilidad de PET reciclado de calidad depende de una infraestructura adecuada para la recolección y procesamiento de plásticos. En regiones donde esto no existe, puede ser difícil integrar el PET en la fabricación de ladrillos.
- **Variación en las propiedades del ladrillo:** La calidad del PET reciclado puede variar, afectando las propiedades finales del ladrillo. Esto dificulta la estandarización del producto para proyectos que requieren especificaciones técnicas precisas.
- **Baja resistencia al fuego:** El PET es un material termoplástico que puede reducir la resistencia al fuego de los ladrillos si se incorpora en grandes proporciones,

- limitando su uso en aplicaciones donde se requiera alta resistencia a altas temperaturas.
- Impacto ambiental del PET no reciclado: Si los ladrillos que contienen PET no se gestionan adecuadamente al final de su vida útil, el material plástico puede generar microplásticos o liberarse al medio ambiente, perpetuando los problemas asociados al plástico.
 - Costos iniciales de adaptación: La inclusión de PET en la elaboración artesanal de ladrillos puede requerir inversión inicial en capacitación, equipos específicos y ajustes al proceso tradicional, lo que puede ser un obstáculo para pequeñas comunidades.
 - Riesgo de contaminación: Si el PET reciclado no se somete a procesos de limpieza adecuados, puede introducir contaminantes al ladrillo, afectando su calidad y durabilidad.

2.2.4. Lodo de aguas residuales

Es el subproducto semisólido que se genera durante el tratamiento de aguas residuales en plantas de saneamiento. Este material está compuesto principalmente por materia orgánica, microorganismos, nutrientes, metales pesados, sólidos suspendidos, compuestos químicos y agua. Su cantidad y composición dependen directamente del origen de las aguas residuales (domésticas, industriales o mixtas) y de los procesos de tratamiento empleados. (Vitaqua, 2023).

Durante el tratamiento de aguas residuales, el agua pasa por distintas etapas, como la sedimentación, la filtración y la clarificación, para eliminar contaminantes y dejarla apta para su vertimiento o reutilización. En estas etapas, los sólidos suspendidos y otras partículas se separan del agua, acumulándose como lodo. Este subproducto puede dividirse en dos tipos principales: el lodo primario, que se forma en las primeras fases del tratamiento, y el lodo secundario o biológico, generado por la actividad microbiana en los procesos de depuración.

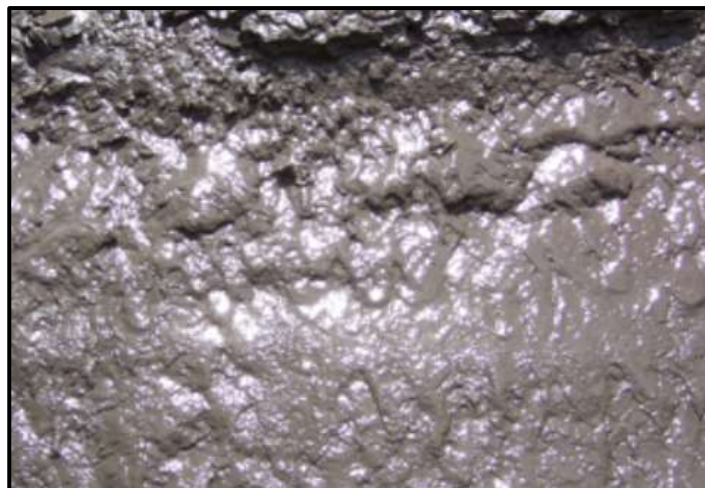
El lodo de aguas residuales tiene características que lo convierten en un material de doble impacto. Por un lado, puede representar un problema ambiental y sanitario si no se gestiona adecuadamente, debido a la presencia de patógenos, contaminantes y sustancias tóxicas. Por otro lado, cuando se trata de manera adecuada, el lodo puede ser aprovechado como un recurso valioso, por ejemplo, como fertilizante orgánico, fuente de energía en forma de biogás o materia prima para la producción de materiales de construcción.

El manejo del lodo es un aspecto crucial del tratamiento de aguas residuales, ya que su volumen puede representar entre el 1% y el 2% del flujo total de agua tratada, pero su contenido de contaminantes y sólidos lo convierte en el componente más desafiante de gestionar. Para reducir su impacto y aprovechar su potencial, se utilizan técnicas como la digestión anaerobia, la deshidratación, la incineración o la estabilización química, dependiendo de los objetivos y las regulaciones locales. (Vitaqua, 2023).

En resumen, el lodo de aguas residuales es un subproducto inevitable del tratamiento de aguas, con una composición compleja y un manejo que requiere soluciones técnicas y sostenibles. Si se gestiona adecuadamente, puede convertirse en un recurso útil y una herramienta para avanzar hacia la economía circular, reduciendo la carga ambiental de su disposición final.

Figura 2

Lodo de aguas residuales



Nota. Adaptado de la evaluación del tesista.

2.2.4.1. Propiedades del lodo de aguas residuales

Tabla 3

Propiedades del lodo de aguas residuales

Tipo de propiedad	Propiedad	Descripción / Valor aproximado
Física	Contenido de humedad	70% - 85%
	Densidad aparente	0.8 - 1.2 g/cm ³
	Tamaño medio de partícula	50 – 70 μ m
	Color textura	Marrón oscuro a negro Viscosa, semisólida
Mecánicas	Densidad seca compactada	0.55 – 0.75 g/cm ³
	Ángulo de fricción	30° - 37°
	Cohesión	10 – 40 kPa
	Capacidad de carga limitada	Variables según humedad
Químicas	pH	6.5 – 8.0
	Materia orgánica	60% - 75% de la masa seca
	Nitrógeno total (N)	2 - 4%
	Fósforo total (P)	1 – 3%
	Metales pesados (Zn, Cu, Fe, Cr, Pb)	Zn: 200 – 400 mg/kg; Fe: 1.5%; Pb: < 50

Las propiedades del lodo de aguas residuales, como se detalla en la tabla, fueron recopiladas a partir de investigaciones recientes realizadas por autores como (Al-Mashaqbeh et al., 2020), (Iqbal et al., 2021) y (Musa et al., 2023), quienes llevaron a cabo análisis en laboratorio utilizando equipos especializados en el tratamiento y caracterización de este tipo de residuos. En dichas investigaciones se realizaron ensayos bajo condiciones controladas para determinar parámetros como la humedad, pH, contenido de materia orgánica, densidad y resistencia al corte, entre otros. Cabe resaltar que, como tesis de una universidad que no cuenta con infraestructura de laboratorio para este tipo de análisis avanzados, se recurrió a la información científica validada de estos autores, quienes sí tuvieron acceso a tecnologías de medición precisas. Por ello, se asume que los valores aquí citados reflejan con fidelidad las características generales del lodo producido en



plantas de tratamiento similares, como la PTAR Chilla de Juliaca, lo que justifica su aplicación experimental en la elaboración de ladrillos.

2.2.4.2. Características del lodo de aguas residuales

El lodo de aguas residuales presenta una composición y propiedades únicas que dependen de su origen y de los procesos de tratamiento aplicados en las plantas de saneamiento. Estas características pueden clasificarse en físicas, químicas y biológicas, y son fundamentales para determinar las estrategias de manejo y aprovechamiento. (Cabrales et al., 2020).

Características físicas:

- **Contenido de agua.**

El lodo de aguas residuales tiene un alto contenido de agua, que puede representar entre el 70% y el 99% de su volumen, dependiendo del tipo de lodo y el nivel de tratamiento. Esto lo hace voluminoso y pesado, dificultando su transporte y disposición.

- **Densidad.**

La densidad del lodo varía entre 1.02 y 1.20 g/cm³, influenciada por la cantidad de sólidos suspendidos y la composición del material sólido presente.

- **Textura y consistencia.**

El lodo puede presentar una textura que va desde líquida o semilíquida hasta pastosa, dependiendo de las etapas de espesamiento y deshidratación a las que haya sido sometido.

- **Color.**

El color del lodo suele ser oscuro o marrón debido a su alto contenido de materia orgánica y microorganismos. En lodos más estabilizados, el color puede variar a tonos más claros.



- **Olor.**

El lodo tiene un olor característico, generalmente desagradable, debido a la presencia de compuestos sulfurados y materia orgánica en descomposición. Sin embargo, el tratamiento adecuado puede reducir significativamente esta característica.

Características químicas:

- **Materia orgánica.**

El lodo es rico en materia orgánica, que puede representar entre el 50% y el 70% de los sólidos totales. Esto lo convierte en un material potencialmente útil para la producción de energía (biogás) o como enmienda orgánica. (Cabrales et al., 2020).

- **Sólidos totales y volátiles.**

El contenido de sólidos totales (ST) en el lodo varía ampliamente según el tratamiento. Los sólidos volátiles (SV), que representan la fracción orgánica, son un indicador clave de su potencial energético y biodegradabilidad.

- **Nutrientes.**

El lodo contiene nutrientes esenciales como nitrógeno y fósforo, que pueden ser utilizados en aplicaciones agrícolas. Sin embargo, estos nutrientes deben gestionarse adecuadamente para evitar problemas de eutrofización si el lodo se dispone en el ambiente.

- **Metales pesados.**

Dependiendo de la fuente de las aguas residuales, el lodo puede contener metales pesados como plomo, mercurio, cadmio y arsénico. Estos elementos limitan su uso en aplicaciones agrícolas y requieren monitoreo constante.

- **pH.**

El pH del lodo suele variar entre 5 y 8, aunque puede modificarse según el tipo de tratamiento aplicado (por ejemplo, estabilización con cal).

- **Presencia de compuestos químicos.**

El lodo puede contener compuestos químicos como detergentes, hidrocarburos, pesticidas y contaminantes emergentes, que deben tratarse para evitar riesgos ambientales y sanitarios.

Características biológicas:

- **Carga microbiológica.**

El lodo contiene microorganismos como bacterias, virus, hongos y parásitos, muchos de los cuales pueden ser patógenos. Estos organismos representan un riesgo sanitario si el lodo no se trata adecuadamente. (Cabrales et al., 2020).

- **Biodegradabilidad.**

La materia orgánica presente en el lodo es altamente biodegradable, lo que lo hace apto para procesos como la digestión anaerobia o la compostaje. Sin embargo, esta propiedad también contribuye a la generación de olores desagradables si no se maneja adecuadamente.

- **Potencial energético.**

El contenido orgánico del lodo puede aprovecharse para generar biogás mediante digestión anaerobia, convirtiéndolo en una fuente de energía renovable.

2.2.4.3. Propiedades del lodo de aguas residuales

El lodo de aguas residuales, un subproducto del tratamiento de aguas residuales, presenta propiedades físicas, químicas y biológicas que lo convierten en un material potencialmente útil como aditivo o sustituto parcial en la fabricación de ladrillos. Estas propiedades determinan su viabilidad y beneficios en este contexto. (Mosqueda & Cabrales, 2023).

Propiedades físicas:**1. Contenido de agua.**

El lodo tiene un alto contenido de agua (70%-99%), lo que afecta su manejabilidad al incorporarlo en la mezcla para ladrillos. Es necesario un proceso de secado o estabilización para reducir su humedad antes de usarlo, lo cual también mejora las propiedades del ladrillo final.

2. Densidad.

El lodo tiene una densidad baja (1.02-1.20 g/cm³), lo que puede influir en la ligereza de los ladrillos fabricados con su incorporación. Esto resulta beneficioso para reducir el peso del material, facilitando el transporte y la construcción.

3. Materia particulada.

El lodo contiene partículas finas que actúan como un relleno en la mezcla de arcilla, mejorando la compactación del ladrillo y reduciendo su porosidad.

4. Textura y consistencia.

La textura semilíquida o pastosa del lodo puede integrarse fácilmente con otros materiales de fabricación, aunque requiere procesos adicionales para homogenizar la mezcla y garantizar una distribución uniforme.

Propiedades químicas.**1. Contenido orgánico.**

El lodo es rico en materia orgánica, lo que puede actuar como un agente espumante durante la cocción de ladrillos. Al quemarse, la materia orgánica crea porosidad, mejorando el aislamiento térmico del ladrillo, aunque también puede reducir su resistencia si no se controla. (Mosqueda & Cabrales, 2023).

2. Sólidos totales y volátiles.

Los sólidos presentes en el lodo contribuyen como material estructural en la mezcla del ladrillo. Los sólidos volátiles, al descomponerse durante la cocción, generan ligeros vacíos que mejoran las propiedades de aislamiento térmico y acústico.



3. Nutrientes y sales.

La presencia de nutrientes y sales en el lodo puede influir en la resistencia química del ladrillo, especialmente en ambientes húmedos. Un tratamiento previo puede minimizar estos efectos.

4. Metales pesados.

Dependiendo del origen del lodo, puede contener trazas de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio. Si bien estos metales quedan inmovilizados tras la cocción, es esencial monitorear su concentración para garantizar que no se liberen al medio ambiente.

5. Capacidad de vitrificación.

El lodo puede contener compuestos que favorecen la vitrificación durante la cocción, mejorando la densidad y la resistencia del ladrillo final.

6. pH ajustable.

El pH del lodo puede variar, pero en la fabricación de ladrillos es posible ajustar la mezcla para garantizar una adecuada estabilización química.

Propiedades térmicas y mecánicas:

1. Resistencia a altas temperaturas.

Durante el proceso de cocción (800-1,000 °C), los componentes del lodo, como sílice y alúmina, contribuyen a la formación de una matriz sólida y resistente, mejorando la calidad del ladrillo. (Mosqueda & Cabrales, 2023).

2. Comportamiento térmico.

La materia orgánica presente en el lodo se volatiliza durante la cocción, formando microcavidades que mejoran el aislamiento térmico del ladrillo, haciéndolo ideal para climas extremos.

3. Resistencia mecánica.

Si bien el lodo puede reducir ligeramente la resistencia a la compresión en comparación con ladrillos convencionales, una proporción adecuada en la mezcla

puede mantener la resistencia dentro de estándares aceptables para construcciones no portantes.

4. Durabilidad.

Los ladrillos que incorporan lodo, tras una cocción adecuada, pueden ser resistentes al agua y a los agentes químicos, aunque es necesario controlar la proporción de lodo para evitar problemas de porosidad excesiva.

2.2.4.4. Ventajas y desventajas del uso del lodo de aguas residuales en ladrillos

El lodo de aguas residuales tiene un gran potencial para ser utilizado como aditivo o material sustituto en la producción de ladrillos. Sin embargo, su incorporación implica tanto beneficios como desafíos que deben evaluarse para garantizar un uso seguro y eficiente.

Ventajas:

❖ **Gestión sostenible de residuos.**

El uso de lodo en la fabricación de ladrillos ayuda a reducir la acumulación de este subproducto en vertederos o cuerpos de agua, promoviendo su aprovechamiento en lugar de su disposición final.

❖ **Reducción de costos de producción.**

La sustitución parcial de arcilla por lodo disminuye el uso de materias primas vírgenes, lo que puede abaratar los costos de fabricación, especialmente en regiones donde el lodo está fácilmente disponible.

❖ **Ahorro energético.**

El contenido orgánico del lodo, al quemarse durante la cocción, genera calor adicional, lo que puede reducir el consumo de energía en el proceso de fabricación de ladrillos.



❖ **Mejora en propiedades térmicas.**

La combustión de la materia orgánica en el lodo crea microcavidades en los ladrillos, mejorando su aislamiento térmico. Esto los hace ideales para construcciones en climas extremos, reduciendo la transferencia de calor.

❖ **Ligereza.**

Los ladrillos fabricados con lodo suelen ser más livianos debido a su mayor porosidad, lo que facilita su transporte y manejo en obra, además de reducir la carga estructural.

❖ **Contribución a la economía circular.**

Transformar el lodo de aguas residuales en un material útil para la construcción es un ejemplo de economía circular, aprovechando residuos y reduciendo el impacto ambiental.

❖ **Inmovilización de contaminantes.**

Durante la cocción, los metales pesados y otros contaminantes presentes en el lodo quedan encapsulados en la matriz del ladrillo, minimizando su liberación al medio ambiente.

❖ **Uso a gran escala.**

La fabricación de ladrillos permite manejar grandes volúmenes de lodo, lo que es ventajoso para plantas de tratamiento que generan cantidades significativas de este subproducto.

Desventajas:

❖ **Variabilidad en la composición del lodo.**

La composición del lodo puede variar según su origen (doméstico, industrial o mixto), afecta las propiedades del ladrillo y dificulta la estandarización del proceso.

❖ **Necesidad de tratamientos previos.**

El lodo requiere procesos como secado, estabilización o deshidratación antes de su uso, lo que puede aumentar los costos y la complejidad de la producción.

❖ **Riesgo de emisiones contaminantes.**

Durante la cocción, el lodo puede liberar gases tóxicos, como óxidos de azufre o compuestos orgánicos volátiles, si no se controla adecuadamente el proceso.

❖ **Reducción de resistencia mecánica.**

La inclusión excesiva de lodo puede aumentar la porosidad de los ladrillos, reduciendo su resistencia y haciendo que sean menos adecuados para estructuras portantes.

❖ **Limitaciones en aplicaciones estructurales.**

Los ladrillos que contienen lodo suelen ser más adecuados para aplicaciones no portantes o decorativas, debido a sus propiedades mecánicas reducidas en comparación con ladrillos convencionales.

❖ **Presencia de metales pesados y contaminantes.**

El lodo puede contener metales pesados como plomo, cadmio o mercurio, que representan un riesgo si no se inmovilizan adecuadamente durante la cocción.

❖ **Impacto ambiental en su disposición final.**

Si los ladrillos con lodo no se reciclan adecuadamente al final de su vida útil, los contaminantes presentes podrían liberarse al medio ambiente.

❖ **Requerimientos de infraestructura y tecnología.**

La integración del lodo en la fabricación de ladrillos requiere ajustes en las instalaciones de producción, así como capacitación técnica para garantizar su manejo seguro y eficiente.

Conclusión.

El uso del lodo de aguas residuales en la fabricación de ladrillos presenta importantes ventajas, como la sostenibilidad, el ahorro de costos y la mejora de ciertas propiedades térmicas y de aislamiento. Sin embargo, también implica desafíos técnicos, ambientales y de control de calidad que deben abordarse cuidadosamente. Con una adecuada gestión y supervisión, esta práctica puede convertirse en una solución innovadora para el



aprovechamiento de residuos y la fabricación de materiales de construcción más sostenibles.

2.2.5. Propiedades de los ladrillos con materiales reciclados

Los ladrillos fabricados con materiales reciclados han ganado relevancia como una alternativa sostenible en la construcción. Estos ladrillos incorporan materiales reciclados como residuos plásticos, cenizas volantes, residuos de construcción y demolición, o vidrios reciclados, ofreciendo propiedades únicas que pueden variar según los componentes empleados. A continuación, se describen las propiedades más relevantes:

Resistencia a la compresión.

Es la propiedad mecánica que mide la capacidad de un ladrillo para soportar cargas o fuerzas aplicadas sobre su superficie sin romperse o deformarse permanentemente. En ladrillos con materiales reciclados, esta propiedad puede variar según el tipo y la proporción de los materiales incorporados, como cenizas, lodo de aguas residuales o plásticos. Es crucial para determinar si los ladrillos son adecuados para aplicaciones estructurales, especialmente en muros de carga. El objetivo es que mantengan una resistencia suficiente para cumplir con las normativas de construcción, garantizando la seguridad y estabilidad de las edificaciones. (E.070, 2020).

Absorción de agua.

Es la capacidad del ladrillo para retener agua en su estructura interna cuando se expone a condiciones de humedad o inmersión. Es un parámetro importante porque afecta la durabilidad del ladrillo y su resistencia a agentes climáticos como lluvia o ciclos de congelación y deshielo. En ladrillos con materiales reciclados, la porosidad generada por la materia orgánica o partículas recicladas puede influir significativamente en este comportamiento. Una alta absorción de agua puede debilitar el ladrillo y provocar su



deterioro con el tiempo, por lo que es necesario controlar esta propiedad durante el diseño y fabricación. (E.070, 2020).

Durabilidad y estabilidad dimensional.

La durabilidad se refiere a la capacidad del ladrillo para resistir el desgaste, la degradación y las condiciones ambientales adversas a lo largo del tiempo, manteniendo su integridad estructural. Por otro lado, la estabilidad dimensional evalúa la capacidad del ladrillo para conservar sus dimensiones originales sin sufrir deformaciones significativas debido a cambios de humedad, temperatura o carga mecánica. En ladrillos con materiales reciclados, es fundamental garantizar que los componentes añadidos no afecten negativamente estas propiedades, ya que podrían comprometer la calidad y funcionalidad del material en aplicaciones constructivas de largo plazo.

2.3. Marco Conceptual

a. Aguas residuales.

Son aquellas que han sido utilizadas en actividades humanas, industriales, agrícolas o domésticas, y que contienen contaminantes como materia orgánica, sustancias químicas, patógenos y sólidos en suspensión. Su composición varía según su origen, pero generalmente incluyen desechos líquidos provenientes de baños, cocinas, procesos industriales, actividades agrícolas y escorrentías urbanas.

b. Absorción.

La absorción es la capacidad que tiene este material para retener agua en sus poros cuando entra en contacto con líquidos, lo cual depende de factores como su composición, densidad, porosidad y método de fabricación. Este indicador es crucial en la construcción, ya que influye en la durabilidad, resistencia a heladas y adherencia con morteros. Ladrillos con alta absorción pueden ser más propensos



al deterioro por humedad, mientras que aquellos con baja absorción son más adecuados para aplicaciones donde se requiere impermeabilidad.

c. Alabeo.

El alabeo es una deformación o curvatura que ocurre en su superficie durante el proceso de secado o cocción, generalmente causada por una distribución desigual de la humedad, tensiones internas o un control deficiente de la temperatura. Esta irregularidad afecta la uniformidad y precisión en la colocación de los ladrillos durante la construcción, comprometiendo la estética y la estabilidad estructural de las paredes o elementos construidos. Por ello, es un parámetro importante en la evaluación de la calidad de los ladrillos, especialmente en aplicaciones donde se requiere un acabado uniforme.

d. Ladrillos artesanales.

Los ladrillos artesanales son piezas de construcción elaboradas de manera manual, principalmente a base de arcilla mezclada con agua y, en ocasiones, con aditivos como paja o arena, moldeados en formas rectangulares y secados al sol o cocidos en hornos tradicionales. Se caracterizan por su proceso de fabricación rústico, baja uniformidad en dimensiones y acabados, alta porosidad y resistencia mecánica variable. Aunque presentan limitaciones frente a los ladrillos industriales, son valorados en construcciones tradicionales por su bajo costo, accesibilidad, capacidad de aislamiento térmico y su contribución al diseño arquitectónico de estilo rústico o regional.

e. Lodo.

El lodo es una mezcla semisólida compuesta por agua y partículas sólidas en suspensión, que se forma de manera natural o como resultado de procesos industriales, agrícolas o de tratamiento de aguas residuales. Puede contener



materia orgánica, minerales, nutrientes, microorganismos y, en algunos casos, sustancias químicas o metales pesados. Su manejo adecuado es crucial, ya que dependiendo de su composición puede representar riesgos ambientales y sanitarios, aunque también puede ser utilizado como fertilizante.

f. Succión.

La succión es la capacidad que tiene su superficie para absorber agua en un corto período de tiempo, especialmente al entrar en contacto con morteros u otros líquidos. Este fenómeno está relacionado con la porosidad y composición del ladrillo, y afecta directamente la adherencia del mortero en trabajos de albañilería. Un nivel de succión adecuado es fundamental para garantizar una buena unión entre los ladrillos y el mortero, mientras que una succión excesiva puede debilitar esta unión, dificultando la construcción y reduciendo la durabilidad.

g. Tereftalato de polietileno.

Es un polímero de la familia de los poliésteres, fabricado mediante la polimerización del ácido tereftálico. Es conocido por su alta resistencia mecánica, ligereza, transparencia y capacidad de reciclaje, lo que lo convierte en un material ampliamente utilizado en la fabricación de envases para bebidas, fibras textiles y aplicaciones de ingeniería. Además, es químicamente resistente, tiene buena barrera frente a gases y humedad, y es ideal para procesos de reutilización y reciclado, contribuyendo a la economía circular.

h. Unidades de Albañilería.

Estos son los componentes fundamentales utilizados en la fabricación de muros y construcciones, generalmente elaborados con materiales como arcilla, cemento, hormigón o piedra. Entre las más comunes se encuentran los ladrillos (artesanales, industriales, macizos, perforados), los bloques de concreto (huecos, macizos), y las



pedras naturales. Estas unidades se ensamblan mediante morteros, ofreciendo resistencia, estabilidad y aislamiento térmico o acústico a las edificaciones, y su elección depende del diseño arquitectónico.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque es la perspectiva general que guía el desarrollo del estudio y determina cómo se recopilarán, analizarán e interpretarán los datos. Este enfoque puede ser cuantitativo, cualitativo o mixto, dependiendo del objetivo y del tipo de información que se busca obtener. (Hernández et al., 2014, pág. 196).

El enfoque empleado en nuestro estudio es **cuantitativo**, dado que se trabajó con la recolección de datos numéricos conseguidos a partir de ensayos realizados sobre los ladrillos fabricados con distintas proporciones de PET y lodo de aguas residuales.

3.2. Tipo de la investigación

El tipo de estudio es la naturaleza general del estudio, definida por el enfoque y los procedimientos empleados para recolectar datos, con el propósito de responder a los objetivos planteados o resolver el problema del estudio. (Sampieri, 2014).

El estudio es de tipo **aplicada**, ya que tiene como objetivo generar conocimiento práctico que pueda ser utilizado para resolver problemas concretos, como la gestión de residuos y la mejora de la calidad de los materiales de construcción. Los resultados de este estudio buscan ofrecer soluciones innovadoras y sostenibles que beneficien al medio ambiente.

3.3. Nivel de la investigación

Según, Sampieri (2014) el nivel de estudio es la profundidad y el enfoque con el que se estudia un fenómeno o problema, determinando la manera en que se describen, analizan o explican los datos recolectados para alcanzar los objetivos planteados.

El nivel empleado en este estudio es **explicativo**, dado que busca identificar y comprender las relaciones causales entre la incorporación de materiales reciclados (PET y lodo de aguas residuales) y los cambios en las propiedades de los ladrillos. Este nivel permite no solo describir las características del fenómeno, sino también explicar cómo y por qué ocurren dichas modificaciones.

3.4. Diseño de la investigación

Según, Kerlinger (2002) el diseño es el plan estratégico que guía el proceso de recolección de datos para responder a los objetivos o hipótesis planteados en un estudio. Su propósito es garantizar que el estudio sea coherente, sistemático y válido, proporcionando un marco claro que permita obtener resultados confiables y relevantes para la problemática investigada.

El diseño empleado en este estudio es **experimental**, ya que se busca evaluar el efecto de la adición de tereftalato de polietileno (PET) y lodo de aguas residuales sobre las propiedades de los ladrillos artesanales. Este diseño permite manipular las variables independientes (proporciones de PET y lodo) para observar los cambios en las variables dependientes.

3.5. Método de la investigación

Según, Creswell (2014) el método de estudio es el conjunto de procesos y técnicas utilizados para la recolección de datos con el fin de alcanzar los objetivos de un estudio o resolver una problemática específica.



El método utilizado para este estudio es **científico**, el cual se basa en la observación, formulación de hipótesis y análisis de resultados. A través de este método se plantea una hipótesis sobre el comportamiento de los ladrillos al incorporar residuos reciclados, se diseñan procedimientos experimentales para comprobar dicha hipótesis y se obtienen conclusiones fundamentadas en datos objetivos.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

La población es un grupo total de sujetos, elementos u objetos que comparten características comunes y relevantes para el estudio, definidos en función del problema de investigación. Representa el universo al cual se busca generalizar los resultados obtenidos, siendo fundamental para establecer el alcance y representatividad del análisis. (Hernández et al., 2014, pág. 196).

La población que se tomó para este estudio está conformada por todos los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco.

3.6.2. Muestra

La muestra es el subgrupo de la población que se escoge mediante criterios específicos para recolectar y analizar datos, permitiendo obtener resultados que puedan ser generalizados al total de la población. Su adecuada selección es fundamental para garantizar la validez, confiabilidad y precisión de las conclusiones del estudio, especialmente en investigaciones donde evaluar a toda la población no es viable por razones de tiempo, costo o accesibilidad. (Hernández et al., 2014).

La muestra está compuesta por una selección representativa de ladrillos artesanales elaborados específicamente para este estudio. Estos ladrillos se dividirán en grupos según las proporciones variables de Tereftalato de polietileno (PET) y lodo de aguas residuales (LAR) incorporados en la mezcla.

Tabla 4*Cantidad de muestras*

Descripción	Absorción	Succión	Variación dimensional	Alabeo	Resistencia a comprensión	Total
LA	4	4	4	4	4	20
Con adición						
LA + 4% PET	4	4	4	4	4	20
LA + 6% PET	4	4	4	4	4	20
LA + 8% PET	4	4	4	4	4	20
LA + 5% LAR	4	4	4	4	4	20
LA + 15% LAR	4	4	4	4	4	20
LA + 25% LAR	4	4	4	4	4	20
Total						140

Nota. LA (Ladrillo Artesanal), PET (Tereftalato de polietileno) y LAR (Lodo de Aguas Residuales)

Asimismo, para el presente estudio se tomaron como muestra tres ladrilleras dedicadas a la elaboración de ladrillos artesanales en el distrito de Taraco, con el fin de obtener resultados representativos. De cada una de ellas se obtuvieron dos muestras (Muestra 1 y Muestra 2), las cuales se presentan a continuación en una tabla para facilitar su interpretación:

Tabla 5*Muestras para el ladrillo artesanal*

Nº	Ladrilleras	Muestras
1	Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	M - 1
		M - 2
2	Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M - 3
		M - 4
3	Ladrillo artesanal (Ladrillera Yucra)	M - 5
		M - 6



3.7. Técnicas e instrumentos

3.7.1. Técnicas

Los métodos precisos utilizados para recopilar, procesar y evaluar metódicamente los datos se conocen como técnicas. Estos métodos facilitan la recopilación de datos precisos y fiables para alcanzar los objetivos del estudio. (Sampieri, 2014).

✓ **Técnica experimental:**

Se utilizará para la fabricación y evaluación de los ladrillos artesanales en condiciones controladas, variando las proporciones de tereftalato de polietileno (PET) y lodo de aguas residuales. Esta técnica permitirá medir el efecto de las variables independientes en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos.

✓ **Técnica de observación directa:**

Se empleará durante el proceso de elaboración de los ladrillos para registrar características visuales, como uniformidad, defectos en la estructura y comportamiento durante el secado y endurecimiento.

✓ **Técnica de pruebas mecánicas:**

Consiste en la realización de ensayos de laboratorio para evaluar propiedades específicas, como resistencia, absorción de agua y durabilidad de los ladrillos.

3.7.2. Instrumentos

Son instrumentos especializados destinados a recopilar datos de forma sistemática, permitiendo medir, registrar o capturar información relevante para analizar y responder a los objetivos del estudio. Su adecuada selección y diseño son fundamentales para garantizar la validez, confiabilidad y precisión de los datos obtenidos. (Hernández et al., 2014).

Para el desarrollo del estudio, así como a lo largo de todo el proceso de investigación, se hizo uso de diversas herramientas y recursos que facilitaron la recopilación, análisis y sistematización de la información:



- **Molde para fabricación de ladrillos:**

Herramienta utilizada para dar forma y tamaño uniforme a los ladrillos fabricados con diferentes proporciones de PET y lodo de aguas residuales.

- **Prensa de compresión:**

Equipo empleado para medir la resistencia de los ladrillos, permitiendo identificar su capacidad de soportar cargas antes de romperse.

- **Tanque de Absorción:**

Utilizado para realizar pruebas de absorción de agua, evaluando el porcentaje de agua que los ladrillos pueden absorber bajo condiciones estándar.

- **Balanza de precisión:**

Para medir con exactitud las cantidades de PET, lodo y otros materiales utilizados en la mezcla.

- **Cámara de secado:**

Equipo utilizado para garantizar un secado uniforme y controlado de los ladrillos antes de las pruebas mecánicas.

- **Registro de observación:**

Formato diseñado para documentar los datos obtenidos en cada etapa del proceso, incluyendo las características visuales.

3.8. Proceso de recolección de datos

3.8.1. Desarrollo del plan de investigación

Se presentan las etapas clave que estructuran el proceso de recopilación de información, detallando los pasos seguidos para garantizar la obtención de datos fiables y relevantes para el estudio. Este desglose permite comprender la metodología empleada, asegurando la transparencia y el rigor en cada una de las fases abordadas:

Etapa I: Procedencia de los materiales.

a) **Ubicación de la ladrillera:** En el distrito de Taraco se ubica una ladrillera que desempeña un papel crucial en la producción de unidades de albañilería mediante técnicas artesanales. Este establecimiento, bajo la propiedad y administración del Señor José Choque, ha mantenido una tradición de elaboración manual que refleja el conocimiento y habilidades locales en la fabricación de ladrillos. La producción artesanal no solo asegura un enfoque personalizado en cada pieza, sino que también contribuye a la economía local al generar empleo y preservar prácticas tradicionales.

Figura 3

Ubicación de las ladrilleras



Nota. Ladrillera artesanal Taraco, tomado de Google Maps.

Las ladrilleras tomadas para este estudio fueron:

- Ladrillera Juancito Puma.
- Ladrillos Artesanales Condori.
- Ladrilla Yucra.



Como parte del desarrollo de la presente tesis, se llevó a cabo un estudio comparativo de suelos provenientes de tres ladrilleras artesanales ubicadas en el distrito de Taraco, con el objetivo de evaluar su aptitud para la elaboración de ladrillos artesanales. Las ladrilleras seleccionadas fueron: "Ladrillera Juancito Puma", "Ladrillos Artesanales Condori" y "Ladrilla Yucra". A cada una de ellas se les realizó un ensayo de granulometría, además de evaluar parámetros fundamentales como el contenido de humedad natural y el índice de plasticidad del suelo utilizado en sus procesos productivos.

Los resultados obtenidos a través de los tres ensayos de granulometría permitieron identificar diferencias notables en la composición y calidad del suelo. En el caso de la Ladrillera Juancito Puma y Ladrillos Artesanales Condori, sus suelos presentaron una distribución granulométrica adecuada, con una proporción equilibrada de finos, limos y arcillas, características que los hacen óptimos para la fabricación de ladrillos según los parámetros técnicos del proyecto. Además, el contenido de humedad y el índice de plasticidad de ambas muestras se encontraron dentro de rangos aceptables, permitiendo trabajar el material con buena moldeabilidad y sin deformaciones posteriores al secado.

Sin embargo, la Ladrillera Yucra fue descartada como fuente de material para este estudio, ya que sus resultados no cumplieron con los criterios técnicos establecidos. El análisis granulométrico reveló una alta proporción de partículas finas y un déficit de agregados medianos, lo que afecta negativamente la cohesión y resistencia del ladrillo. Además, se detectó un contenido de humedad natural excesivamente bajo, lo cual dificulta el proceso de elaboración y genera un mayor riesgo de agrietamiento durante el cocido. A esto se suma un índice de plasticidad bajo, indicando que el suelo tiene un comportamiento demasiado arenoso, lo cual lo vuelve inestable y propenso a deformaciones, características que comprometen la calidad del ladrillo final.

Por estas razones, para el desarrollo experimental de mi tesis opte por seleccionar únicamente los suelos de la Ladrillera Juancito Puma y Ladrillos Artesanales Condori, por considerarse técnicamente viables y óptimos para garantizar una buena trabajabilidad, resistencia y durabilidad en la producción de ladrillos artesanales.

Tabla 6*Comparativa de la evaluación de suelos de ladrilleras artesanales – Distrito de Taraco*

Ladrilleras	Granulometría	Contenido de humedad	Índice de plasticidad (IP)	Resultado
Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	Apta – Curva bien gradada	16.11	14.52	Apta
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	Apta – Distribución adecuada de partículas	15.04	13.68	Apta
Ladrillo artesanal (Ladrillera Yucra)	Inadecuada – Alta proporción de finos	16.27	16.02	Descartada

De las tres ladrilleras evaluadas, se seleccionaron las muestras de suelo de la Ladrillera Juancito Puma y de Ladrillos Artesanales Condori, ya que presentaron una granulometría favorable, con una adecuada proporción de finos y gruesos, además de niveles de humedad y plasticidad dentro de los rangos óptimos para la producción de ladrillos artesanales. En contraste, la Ladrillera Yucra fue descartada por presentar un suelo con granulometría deficiente (exceso de finos) y un índice de plasticidad bajo, lo cual compromete la estabilidad, trabajabilidad y resistencia del ladrillo final.

Finalmente, se tomaron únicamente dos ladrilleras para este estudio:

- Ladrillera Juancito Puma.
- Ladrillos Artesanales Condori.

b) Obtención de las muestras de tereftalato de polietileno (PET):

El proceso de recolección del PET se llevó a cabo de manera planificada y en varias etapas sucesivas, con el objetivo de asegurar que las muestras obtenidas sean representativas y aptas para su posterior utilización en la elaboración de ladrillos artesanales. A continuación, se detallan los procedimientos seguidos para dicha obtención.



- **Recolección del material PET en el distrito de Taraco:**

El primer paso consistió en la identificación de puntos estratégicos del distrito de Taraco donde comúnmente se desechan envases plásticos de tipo PET, tales como botellas de bebidas gaseosas y agua. La recolección se llevó a cabo en coordinación con vecinos, comerciantes y recicladores locales, quienes facilitaron botellas usadas en buen estado, asegurando que el material fuera exclusivamente tereftalato de polietileno (PET) transparente o de color claro.

- **Clasificación y limpieza del PET:**

Una vez recolectado el material, se procedió a una etapa de selección manual para descartar aquellos envases que estuvieran contaminados con residuos orgánicos o compuestos que pudieran alterar la calidad del reciclado. Posteriormente, las botellas PET fueron lavadas manualmente utilizando agua y detergente, retirando etiquetas, tapas y restos de contenido. Luego del lavado, se dejaron secar completamente al aire libre sobre mantas limpias, garantizando que el material estuviera libre de humedad.

- **Cortado del PET reciclado:**

Los materiales del PET fueron lavadas, secadas, y cortadas manualmente, el cortado se realizó cuidadosamente, buscando obtener tiras con dimensiones aproximadas entre 5 y 10 mm de longitud y 2 a 4 mm de ancho, generando una granulometría uniforme que permitiera su fácil incorporación a la mezcla del ladrillo. Las partículas obtenidas fueron almacenadas en bolsas plásticas rotuladas y selladas para evitar contaminación o pérdida del material.

- **Incorporación del PET triturado en la elaboración del ladrillo artesanal:**

Una vez triturado y clasificado el material PET reciclado, se procedió a su integración en la mezcla base utilizada para la elaboración del ladrillo artesanal. El proceso se realizó en el mismo distrito de Taraco, donde se mezcló la arcilla tradicional con una proporción establecida de PET triturado, añadiendo también la cantidad de agua necesaria para obtener una masa moldeable. El mezclado fue realizado manualmente, asegurando una distribución homogénea del PET dentro de la masa.

- **Moldeo y proceso de fabricación del ladrillo:**

Finalmente, la mezcla con PET fue colocada en moldes de madera convencionales utilizados por los fabricantes locales. Los ladrillos fueron secados al aire libre durante varios días, y posteriormente cocidos en un horno artesanal a base de leña, siguiendo las prácticas tradicionales del distrito. Esta etapa permitió evaluar el comportamiento del PET reciclado como aditivo en la fabricación de ladrillos, considerando aspectos como peso, resistencia y cohesión del producto final.

Figura 4

Tereftalato de polietileno (PET)



Nota. PET reciclado por el tesista.

c) Obtención de las muestras de lodo de aguas residuales – PTAR chilla (Juliaca).

El proceso de recolección de lodos provenientes de aguas residuales se llevó a cabo de manera planificada y en varias etapas sucesivas, con el objetivo de asegurar que las muestras obtenidas sean representativas y aptas para su posterior utilización en la elaboración de ladrillos artesanales. A continuación, se detallan los procedimientos seguidos para dicha obtención.

• **1er Paso, coordinación con la PTAR Chilla:**

El primer paso consistió en establecer contacto con el personal técnico y administrativo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Chilla, ubicada en el distrito de Juliaca. Se solicitó la autorización formal para la recolección de lodos residuales

generados durante el proceso de tratamiento, indicando los fines académicos y experimentales del estudio.

- **2do Paso, identificación del punto de extracción:**

Una vez obtenida la autorización, se procedió a identificar, con el apoyo del personal técnico de la planta, las zonas específicas donde se acumulan los lodos estabilizados, principalmente en las unidades de sedimentación y digestión. Se optó por extraer el lodo en estado húmedo, sin procesos previos de secado.

- **3er Paso, recolección del lodo en estado húmedo:**

El lodo fue recolectado directamente desde los tanques de sedimentación de la laguna facultativa N° 03 y 04, a una distancia de 50 cm de la orilla de la laguna facultativa, utilizando bolsas y baldes plásticos de 20 litros con tapa hermética. Se evitó modificar su estado físico original para conservar las características químicas y de humedad que serían evaluadas posteriormente durante la fabricación de los ladrillos.

- **4to Paso, transporte del lodo al distrito de Taraco:**

El cuarto paso consistió en el traslado inmediato del material hacia el distrito de Taraco. Para ello, se utilizó un vehículo adecuado, manteniendo los recipientes bien cerrados para evitar derrames, evaporación de humedad o exposición al ambiente. El transporte se realizó el mismo día de la recolección para conservar la frescura y humedad del lodo.

- **5to Paso, preparación de la mezcla en Taraco:**

Ya en Taraco, se procedió a la incorporación directa del lodo húmedo en la mezcla base para la elaboración de ladrillos artesanales. La mezcla consistió en arcilla, agua y el lodo residual, todo dosificado según el diseño experimental previamente definido. El mezclado se realizó de manera manual hasta obtener una masa uniforme.

- **6to Paso, moldeo y fabricación del ladrillo:**

Finalmente, la mezcla fue colocada en moldes de madera tradicionales, dejándose secar al aire libre durante varios días. Luego del secado, los ladrillos fueron cocidos en

un horno artesanal a base de leña, siguiendo las prácticas locales tradicionales de fabricación. Con esto se completó la obtención y aplicación del lodo residual en la elaboración experimental de ladrillos.

Figura 5

Lodo de aguas residuales



Nota. Obtención del lodo de las aguas residuales en el distrito de Taraco.

d) Proceso de elaboración del ladrillo

La producción de ladrillos hechos a mano implica varios procesos críticos que garantizan la formación, la durabilidad y la calidad del producto final. A continuación, se detalla el proceso paso a paso:

- **Recolección y preparación de materias primas:**

Para la fabricación de los ladrillos, se utilizaron como materiales base: arcilla natural, lodo proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y tiras de

plástico reciclado (PET) obtenidas de botellas post-consumo. La arcilla fue recolectada de un área local de suelo arcilloso y se limpió manualmente para remover piedras, raíces u otros elementos. El lodo fue obtenido directamente desde la PTAR – Chilla en estado húmedo, con una consistencia viscosa adecuada para ser incorporado directamente en la mezcla. Por su parte, las botellas PET fueron lavadas, secadas, y cortadas manualmente en tiras de 5 y 10 mm de longitud y 2 a 4 mm de ancho, siguiendo un procedimiento estandarizado de reciclaje.

- **Porcentaje de cada aditivo:**

La proporción utilizada para cada aditivo, tanto PET como lodo de aguas residuales, se definió tomando como referencia los valores reportados en estudios previos. En nuestro caso, se procuró mantener porcentajes muy cercanos a los señalados por dichas investigaciones (Huiza, 2023), introduciendo únicamente ligeras variaciones con el fin de adaptarlos a las condiciones y objetivos específicos de la presente investigación.

- **Dosificación y mezclado:**

Se definieron distintas proporciones experimentales de adición de materiales alternativos: el lodo húmedo se incorporó en reemplazo de la arcilla en porcentajes del 5%, 15% y 25% en peso; mientras que el tereftalato de polietileno (PET) se añadieron en proporciones del 4%, 6% y 8% respecto al volumen total de la mezcla. Todos los componentes fueron mezclados manualmente en una superficie firme, adicionando agua gradualmente hasta lograr una consistencia plástica y homogénea, adecuada para el moldeo.

- **Dosificación para la fabricación del ladrillo artesanal:**

Para optimizar las estimaciones futuras, hemos decidido estandarizar la cantidad de ladrillos que se fabricarán, para 10 ladrillos artesanales, es decir 2 de prueba para cada ensayo realizado en el presente estudio.

Tabla 7*Cantidad de materiales para la elaboración del ladrillo + % LAR*

Cantidad de materiales				
Agregado	Ladrillo Artesanal	5% LAR	15% LAR	25% LAR
Arcilla (kg)	30.80	29.26	26.18	23.10
Arena (kg)	14.00	14.00	14.00	14.00
Agua (lt)	3.60	3.60	3.60	3.60
LAR (kg)	-	1.54 kg.	4.62 kg.	7.70 kg.

Tabla 8*Cantidad de materiales para la elaboración del ladrillo + % PET*

Cantidad de materiales				
Agregado	Ladrillo Artesanal	4% PET	6% PET	8% PET
Arcilla (kg)	30.80	30.80	30.80	30.80
Arena (kg)	14.00	14.00	14.00	14.00
Agua (lt)	3.60	3.60	3.60	3.60
PET (kg)	-	1.93 kg.	2.90 kg.	3.87 kg.

Para la elaboración de los ladrillos artesanales en el presente estudio, se tomaron como base los porcentajes de los materiales utilizados según lo indicado por (Bartra & Chumbe, 2023), quien estableció proporciones óptimas en peso para la fabricación tradicional de ladrillos en contextos similares.

- **Moldeo del ladrillo:**

Con la masa obtenida, se procedió al llenado de moldes de madera de dimensiones convencionales (24 × 12 × 8 cm), los cuales fueron previamente humedecidos para facilitar el desmoldeo. La mezcla fue compactada manualmente dentro de los moldes, procurando una distribución uniforme del PET y el lodo, y evitando la formación de vacíos.

- **Secado al aire libre:**

Los ladrillos moldeados se colocaron sobre esteras de malla o madera en una zona ventilada, protegida de la lluvia y humedad del suelo. El secado se realizó durante un periodo de 10 a 15 días, dependiendo de las condiciones ambientales en el distrito de Taraco, volteando los ladrillos periódicamente para evitar agrietamientos por secado irregular.

- **Cocción en horno artesanal:**

Una vez completado el proceso de secado, los ladrillos fueron sometidos a cocción en dos hornos artesanales ubicados en el distrito de Taraco, alcanzando temperaturas que oscilaron entre los 950 °C y 1100 °C durante un periodo continuo de 24 horas. Esta etapa permitió sinterizar la mezcla, eliminar la materia orgánica presente en el lodo y mejorar las propiedades del ladrillo.

- **Punto de fusión del PET:**

En el proceso de cocción del ladrillo artesanal, el PET alcanza su temperatura de fusión aproximada de 250 °C. Este valor de referencia se tomó a partir del estudio desarrollado por (Palma & Tenesaca, 2020), el cual sirvió como base para establecer el comportamiento térmico del material durante el horneado.

- **Enfriado y almacenamiento:**

Los ladrillos cocidos fueron dejados enfriar de manera natural dentro del horno para evitar el choque térmico. Posteriormente, se clasificaron por lote, resistencia y presencia de defectos visibles, y se almacenaron en estanterías limpias para su posterior evaluación en ensayos de resistencia mecánica, absorción de agua y durabilidad.

Etapa II: Ensayos realizados en laboratorio.

En esta etapa se realizaron los ensayos y pruebas correspondientes con el propósito de evaluar las características de los ladrillos artesanales. Dichos procedimientos



estuvieron orientados a verificar la calidad de los materiales, comprobando su cumplimiento con las especificaciones técnicas y los estándares de resistencia y durabilidad exigidos para su utilización en proyectos constructivos dentro del distrito de Taraco.

1) ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.

Es un parámetro clave que determina su capacidad para absorber y retener agua, lo que influye directamente en su durabilidad, resistencia mecánica y comportamiento frente a condiciones ambientales. Este ensayo tiene como objetivo medir el porcentaje de agua presente en el ladrillo en su estado natural o después de ser expuesto a condiciones controladas. Este ensayo se realiza según la NTP 339.127, que describen los procedimientos para establecer el contenido de humedad en suelos y materiales finos.

Procedimiento:

- Seleccionar varias muestras representativas de ladrillos del lote a analizar.
- Limpiar las muestras para eliminar polvo o partículas sueltas que puedan interferir con el ensayo.
- Pesar cada ladrillo utilizando una balanza de precisión.
- Registrar el peso inicial, denominado "peso húmedo" (W_i).
- Colocar los ladrillos en un horno a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Mantener las muestras en el horno hasta alcanzar un peso constante, lo que generalmente requiere entre 24 y 48 horas, dependiendo del tamaño y la porosidad del ladrillo.
- Sacar los ladrillos del horno y dejarlos enfriar a temperatura ambiente en un desecador para evitar la reabsorción de humedad.
- Pesar nuevamente cada ladrillo y registrar el peso seco (W_s).
- Utilizamos la siguiente fórmula para calcular el contenido de humedad (%).

$$W(\%) = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100$$

2) ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA.

El ensayo de límite de consistencia es un procedimiento que se realiza para determinar las propiedades de plasticidad de materiales finos, como arcillas y lodos, que suelen ser componentes principales en la fabricación de ladrillos. Este ensayo evalúa dos parámetros fundamentales: el LL y el LP, que definen el comportamiento del material en diferentes estados de humedad. Estas propiedades son críticas para garantizar una adecuada trabajabilidad, moldeabilidad y resistencia de los ladrillos. Este ensayo se realiza de acuerdo con la norma ASTM D4318 o su equivalente nacional, la NTP 339.129, que establece los métodos para determinar los límites de Atterberg.

Propiedades evaluadas:

- **Límite líquido (LL).**

La sustancia pasa de estado plástico a líquido a esta concentración de humedad. Muestra la mayor cantidad de agua que una sustancia puede retener antes de perder cohesión.

- **Límite plástico (LP).**

El material pasa de un estado semisólido a uno plástico con este nivel de humedad. Representa la cantidad mínima de agua necesaria para que el material sea maleable y moldeable.

- **Índice de plasticidad (IP).**

El cálculo se realiza utilizando la fórmula:

$$IP = LL - LP$$

Este valor indica el rango de humedad en el que el material es plástico y puede moldearse sin romperse ni deformarse excesivamente.



Procedimiento del ensayo:

- **Preparación de la muestra.**

- Obtener una muestra representativa del material fino (<0.425 mm) que será evaluado.
- Secar la muestra al aire o en horno a temperatura baja (<60 °C) para eliminar la humedad superficial.

- **Determinación del límite líquido (LL).**

- Colocar una muestra del material en la copa de Casagrande (un dispositivo estándar para este ensayo).
- Alisar la superficie y hacer una ranura central con el aparato.
- Gire el mango de la copa a una velocidad uniforme de dos revoluciones por segundo hasta que los márgenes de la ranura converjan en una longitud determinada, normalmente 12 mm.
- Registrar la humedad de la muestra que produce la unión tras un número estándar de golpes (generalmente 25 golpes).

- **Determinación del límite plástico (LP).**

- Tomar una porción del material y amasar con agua hasta que se torne moldeable.
- Enrollar la muestra en forma de cilindros delgados (de aproximadamente 3 mm de diámetro) sobre una superficie plana.
- Determinar el contenido de humedad en el punto en que los cilindros comienzan a desmenuzarse.

- **Cálculo del índice de plasticidad (IP).**

- Calcular la diferencia entre los valores obtenidos del límite líquido y el límite plástico.



3) ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

Es un procedimiento que determina la distribución del tamaño de las partículas de un material granular, como suelos, arena o mezclas utilizadas en la fabricación de ladrillos. Este ensayo es crucial para evaluar la proporción de partículas finas, medias y gruesas, y asegurar que la mezcla utilizada tenga las propiedades mecánicas y de trabajabilidad adecuadas. Este ensayo se realiza conforme a la norma ASTM D422 o la NTP 339.128, que establecen los métodos para determinar la distribución granulométrica por tamizado y sedimentación.

Procedimiento:

- Secar la muestra de material (arcilla o mezcla utilizada) en un horno a $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para eliminar la humedad.
- Pesar una cantidad representativa de la muestra (generalmente entre 100 y 500 g).
- Colocar la muestra en un conjunto de tamices organizados en orden decreciente de abertura (por ejemplo: 4.75 mm, 2 mm, 0.425 mm, 0.075 mm).
- Agitar los tamices en un agitador mecánico durante 10-15 minutos para garantizar una separación adecuada.
- Pesar el material retenido en cada tamiz y calcular el porcentaje acumulado de cada fracción.
- Dispersar una cantidad de la muestra en agua destilada, añadiendo un agente dispersante (como hexametáfosfato de sodio) para evitar la aglomeración.
- Transferir la suspensión a un cilindro graduado y registrar la densidad del líquido con un hidrómetro en intervalos de tiempo específicos.
- Calcular el tamaño de las partículas y su distribución con base en la velocidad de sedimentación.
- Construir una curva granulométrica con los datos obtenidos (tamaño de partícula en el eje x y porcentaje acumulado en el eje y).



- Determinar parámetros como el diámetro efectivo (D10), la uniformidad y el coeficiente de curvatura, que describen la distribución de las partículas.

4) ENSAYO DE ALABEO.

El ensayo se realiza según la norma técnica peruana NTP 399.613, donde se utiliza para medir la deformación o curvatura que presentan los ladrillos después de los procesos de secado y cocción. Este fenómeno ocurre cuando las tensiones internas generadas durante la fabricación no se distribuyen de manera uniforme, lo que puede provocar que el ladrillo pierda su forma plana y se curve. El ensayo es fundamental para garantizar la calidad dimensional del ladrillo y su aptitud para aplicaciones constructivas:

Procedimiento:

- Seleccionar varios ladrillos representativos del lote a evaluar.
- Limpiar las muestras para eliminar restos de polvo o partículas sueltas.
- Coloque el ladrillo sobre una superficie plana y nivelada.
- Usar una regla metálica o un medidor de nivel para identificar los puntos más altos y más bajos en la superficie del ladrillo.
- Medir la distancia máxima entre la superficie del ladrillo y la superficie plana en cada cara del ladrillo.
- Registrar la desviación máxima en milímetros (mm) como indicador del alabeo.
- Evaluar los valores adquiridos en relación con los umbrales establecidos en la normativa pertinente.
- En muchos casos, se considera aceptable un alabeo inferior a 3 mm para ladrillos estándar.

Figura 6*Ensayo de alabeo*

Nota. Tomado, del ensayo realizado por el tesista en laboratorio.

5) ENSAYO DE ABSORCIÓN.

Es un procedimiento estándar que se utiliza para calcular la cantidad de agua que un ladrillo puede absorber en relación a su peso seco. Este ensayo es esencial para evaluar la porosidad del ladrillo, una propiedad que influye directamente en su durabilidad, resistencia y desempeño frente a condiciones ambientales adversas. Este ensayo se realiza según la norma técnica peruana NTP 399.604, equivalente a la norma ASTM C67 para unidades de mampostería.

Procedimiento:

- Seleccionar ladrillos representativos del lote a analizar.
- Limpiar las muestras para eliminar polvo o impurezas que puedan influir en los resultados.

- Cure los ladrillos en un horno a una temperatura estable de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 24 a 48 horas, hasta que alcancen un peso constante.
- Pesar las muestras secas y registre este valor (W_{seco}).
- Sumergir los ladrillos en agua a temperatura ambiente ($20\text{-}25\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante un período de 24 horas.
- Retirar los ladrillos del agua, secar ligeramente la superficie con un paño húmedo para eliminar el exceso de agua superficial.
- Pesar las muestras y registrar este valor como peso saturado (W_{saturado}).
- Utilizar la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de absorción de agua:

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{W_{\text{sat}} - W_{\text{sec}}}{W_{\text{sec}}} \times 100$$

Figura 7

Ensayo de absorción



Nota. Tomado, del ensayo realizado por el tesista en laboratorio.



6) ENSAYO DE SUCCIÓN.

Es un procedimiento que mide la capacidad del ladrillo para absorber agua en un período de tiempo corto, generalmente 1 minuto. Este ensayo es crucial para evaluar la velocidad con la que el ladrillo absorbe humedad de su entorno, un factor que influye en su adherencia al mortero y en el comportamiento general de las estructuras construidas. Este ensayo se realiza según la norma ASTM C67 o su equivalente nacional, la NTP 399.604, que regula también otras propiedades físicas de los ladrillos.

Procedimiento:

- Seleccionar ladrillos representativos del lote a evaluar.
- Secar los ladrillos en un horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas o hasta alcanzar un peso constante.
- Dejar enfriar los ladrillos a temperatura ambiente antes del ensayo.
- Pesar cada ladrillo seco y registrar este valor como peso seco (W_{seco}).
- Colocar el ladrillo sobre una superficie plana con la cara inferior sumergida en agua a una profundidad de 3-5 mm durante exactamente 1 minuto.
- Retirar el ladrillo, secar rápidamente la superficie exterior con un paño húmedo para eliminar el exceso de agua superficial.
- Pesar el ladrillo y registrar este valor como peso húmedo ($W_{\text{húmedo}}$).
- Utilizar la siguiente fórmula para calcular la tasa de succión (S), expresada en gramos por minuto por cada 30 cm^2 de superficie:

$$S = \frac{(W_{\text{húmd}} - W_{\text{sec}}) \times 1000}{\text{Área en contacto con agua}}$$

Figura 8*Ensayo de succión*

Nota. Tomado, del ensayo realizado por el tesista en laboratorio.

7) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Es el procedimiento estándar que se usa para evaluar la capacidad de un ladrillo de soportar cargas aplicadas axialmente sin fracturarse. Este ensayo es fundamental para determinar si los ladrillos cumplen con los requisitos estructurales y de calidad necesarios para su uso en construcción, especialmente en muros de carga y aplicaciones portantes. Este ensayo se realiza conforme a la norma técnica peruana NTP 399.605 o la norma internacional ASTM C67, que establecen el procedimiento estándar para evaluar la resistencia de unidades de albañilería.



Procedimiento:

- Seleccionar un conjunto de ladrillos representativos del lote a ensayar (generalmente de 5 a 10 unidades).
- Limpiar las superficies del ladrillo para eliminar partículas sueltas o irregularidades.
- Secar los ladrillos en un horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para eliminar la humedad. Esto garantiza que los resultados reflejen las propiedades intrínsecas del material.
- Determinar las dimensiones de los ladrillos con un calibrador o cinta métrica.
- Calcular el área de la cara que estará en contacto con las placas de la máquina de compresión.
- Colocar el ladrillo en la máquina de ensayo de compresión, asegurándose de que las caras estén alineadas y planas.
- Colocar una capa de material uniforme (como placas de goma o cartón) si las superficies no son perfectamente planas, para distribuir la carga de manera homogénea.
- Aplicar una carga axial de manera continua y uniforme, a una velocidad controlada, hasta que el ladrillo falle o se fracture.
- Anotar la carga máxima soportada por el ladrillo antes de fracturarse, medida en kilonewtons (kN).
- Utilizar la siguiente fórmula para calcular la resistencia:

$$\text{Resistencia a } C = \frac{\text{Carga máx}}{\text{Área de la superficie}}$$

- Expresar el resultado en (MPa).

Figura 9

Ensayo de resistencia a la compresión



Nota. Tomado, del ensayo realizado por el tesista en laboratorio.

Etapa III: Análisis y evaluación de resultados.

En esta sección se presenta de manera detallada los hallazgos obtenidos en la evaluación, organizados en tablas comparativas que facilitan la identificación de diferencias entre los distintos grupos analizados. Para ello, se emplea una variedad de indicadores cuantitativos, tales como porcentajes y otras medidas relevantes, que permiten examinar con mayor precisión los patrones y variaciones entre los diferentes grupos de edad considerados en el estudio.

Estas tablas también ofrecerán un resumen exhaustivo de los hallazgos, destacando los aspectos más relevantes para una interpretación precisa y objetiva de los resultados. A través de esta organización de la información, será posible identificar tendencias, patrones y relaciones significativas entre las variables estudiadas, lo que



permitirá una comprensión más profunda del comportamiento de los datos. De esta manera, las tablas no solo facilitarán la comparación directa entre los grupos evaluados, sino que también servirán como una herramienta clave para fundamentar las conclusiones y enriquecer la discusión de resultados.

3.9. Procesamiento y análisis de datos

En esta sección, los datos obtenidos en el laboratorio fueron procesados, analizados e interpretados empleando un software especializado de análisis, lo que garantizó mayor precisión y confiabilidad en los resultados. Asimismo, se elaboraron tablas y figuras ilustrativas que facilitan la comprensión de la información, permitiendo una interpretación clara y ordenada de los valores obtenidos. Estas representaciones gráficas no solo contribuyen a una mejor visualización de los hallazgos, sino que también apoyan la identificación de tendencias, variaciones y relaciones significativas dentro de los parámetros evaluados.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos

En este estudio se analizó el desempeño del ladrillo artesanal, incorporando tereftalato de polietileno y lodo procedente de aguas residuales como aditivos principales. Se experimentó con diversas proporciones de estos materiales, evaluando su impacto en las propiedades del ladrillo.

Los resultados fueron analizados minuciosamente y organizados de manera sistemática, de forma que se alinearan con los objetivos previamente establecidos. Posteriormente, se presentaron siguiendo una secuencia lógica, la cual se detalla en las secciones correspondientes para facilitar su comprensión con los propósitos del estudio:

- ✚ Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales.
- ✚ Se analizó el efecto del empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales sobre las propiedades físicas del ladrillo.
- ✚ Finalmente, se evaluó el impacto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales sobre las propiedades mecánicas del ladrillo.

A continuación, se exponen los resultados derivados de esta investigación.

a) Análisis granulométrico

Tabla 9

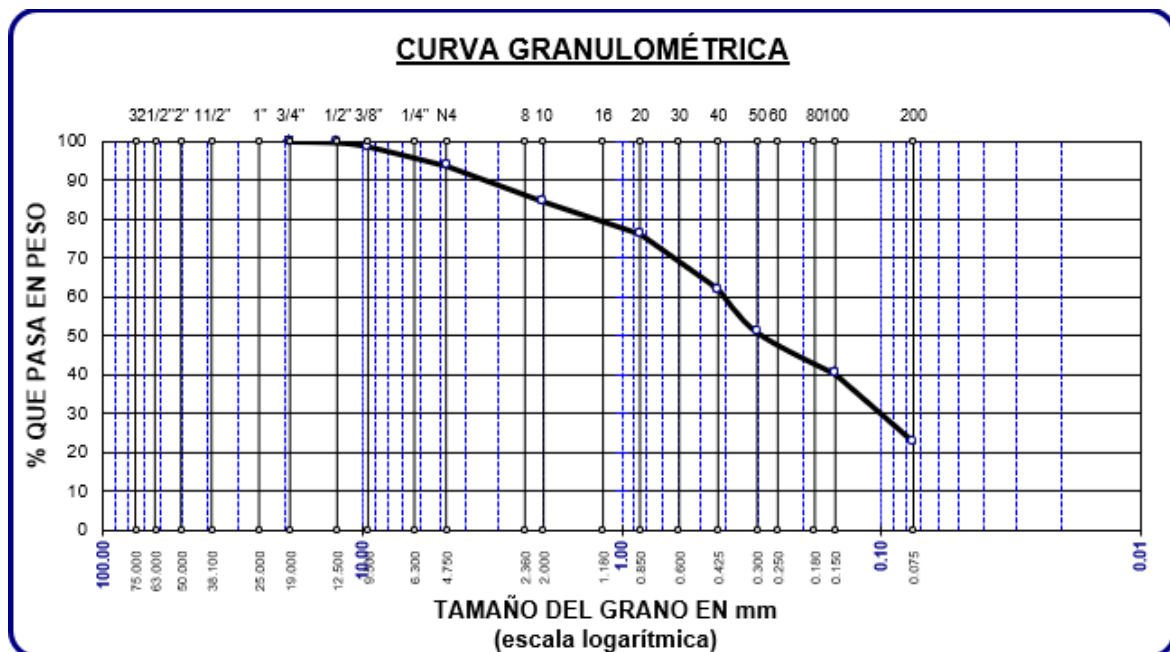
Análisis granulométrico - M1, (Ladrillera Juancito Puma)

Tamices ASTM	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	} Grava
1/2"	1.33	0.27	0.27	99.73	
3/8"	5.29	1.06	1.32	98.68	
No4	24.61	4.92	6.25	93.75	
No10	46.04	9.21	15.45	84.55	} Arena
No20	41.28	8.26	23.71	76.29	
No40	70.61	14.12	37.83	62.17	
No50	56.18	11.24	49.07	50.93	
No100	53.38	10.68	59.74	40.26	} Arcilla
No200	86.85	17.37	77.11	22.89	
Base	114.43	22.89	100.00	0.00	
Total	500.00	100.00			
% Perdida	22.89				

El análisis granulométrico de la ladrillera Juancito Puma evidencia una gradación adecuada, favorable para la producción de ladrillos artesanales de buena calidad.

Figura 10

Análisis granulométrico - M1, (Ladrillera Juancito Puma)



La figura muestra la granulométrica de la primera muestra extraída del suelo natural.

Tabla 10

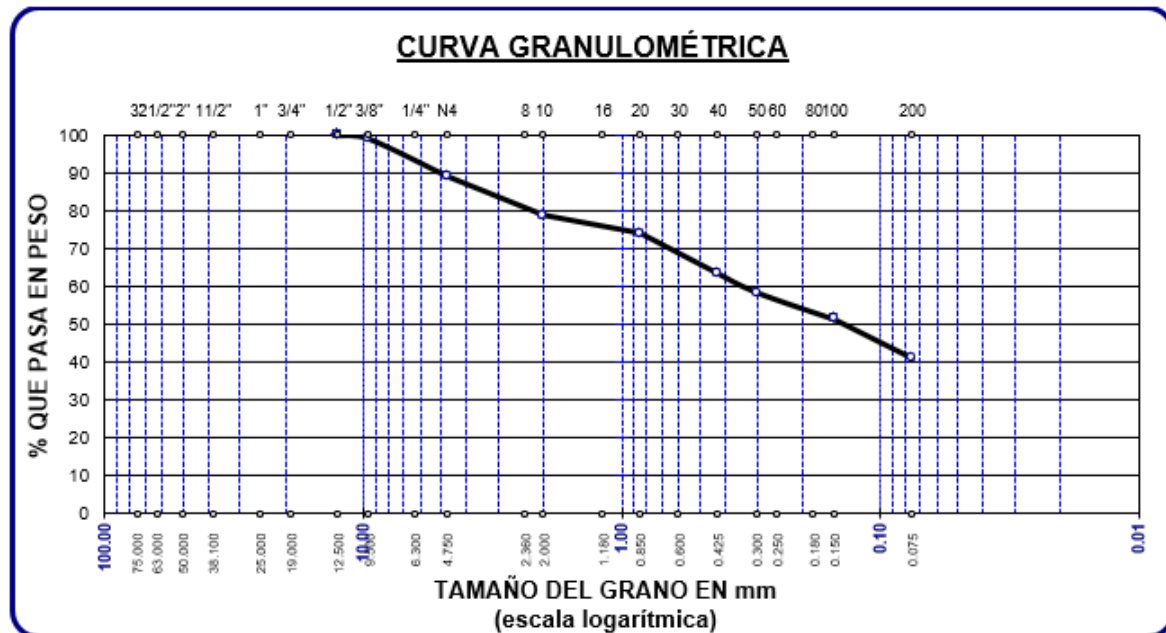
Análisis granulométrico – M2, (Ladrillos artesanales Condori)

Tamices ASTM	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	} Grava
3/8"	4.56	0.91	0.91	99.09	
No4	49.26	9.85	10.76	89.24	
No10	51.78	10.36	21.12	78.88	} Arena
No20	23.57	4.71	25.83	74.17	
No40	53.64	10.73	36.56	63.44	
No 50	25.49	5.10	41.66	58.34	} Arcilla
No100	35.71	7.14	48.80	51.20	
No200	51.45	10.29	59.09	40.91	
Base	204.54	40.91	100.00	0.00	
Total	500.00	100.00			
% Perdida	40.91				

El análisis granulométrico de los ladrillos artesanales Condori evidencia una gradación adecuada, favorable para la producción de ladrillos artesanales de buena calidad.

Figura 11

Análisis granulométrico – M2, (Ladrillos artesanales Condori)



La figura muestra la gradación granulométrica de la segunda muestra extraída del suelo natural.

Tabla 11

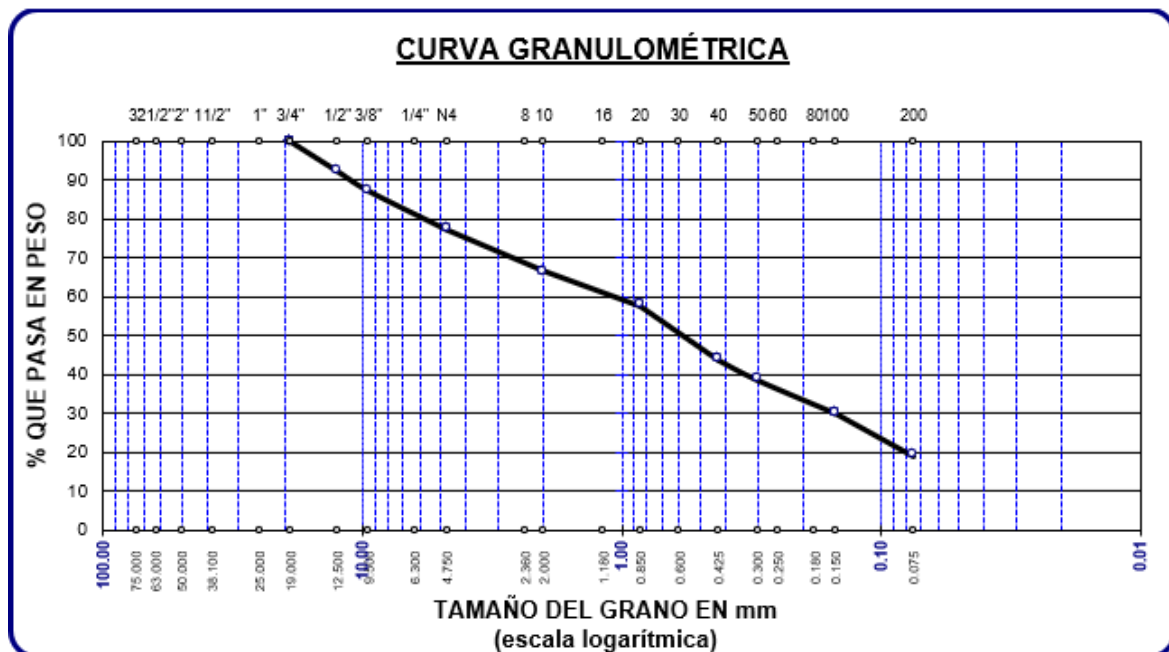
Análisis granulométrico – M3, (Ladrillera Yucra)

Tamices ASTM	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	} Grava
1/2"	38.25	7.65	7.65	92.35	
3/8"	25.13	5.03	12.68	87.32	
No4	49.63	9.93	22.60	77.40	
No10	53.05	10.61	33.21	66.79	} Arena
No20	45.21	9.04	42.25	57.75	
No40	69.27	13.85	56.11	43.89	
No 50	25.86	5.17	61.28	38.72	} Arcilla
No100	42.63	8.53	69.81	30.19	
No200	55.11	11.02	80.83	19.17	
Base	95.86	19.17	100.00	0.00	
Total	500.00	100.00			
% Perdida	19.17				

El análisis granulométrico de la ladrillera Yucra evidencia una gradación mala, que no es favorable para la producción de ladrillos artesanales.

Figura 12

Análisis granulométrico – M3, (Ladrillera Yucra)



La figura muestra la gradación granulométrica de la tercera muestra extraída del suelo natural.

b) Humedad natural

Tabla 12

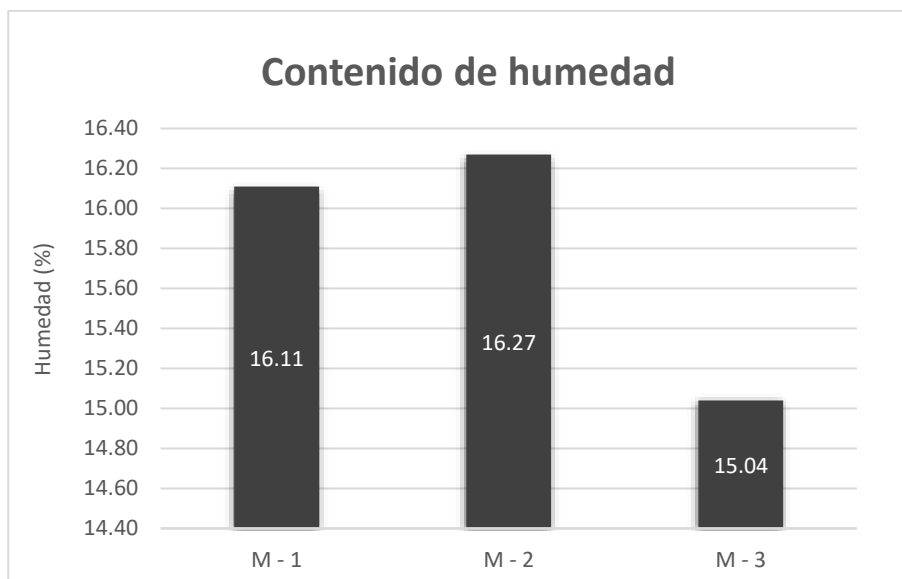
Contenido de humedad de las muestras

% Humedad		
Muestras	Descripción	Humedad (%)
M-01	Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	16.11
M-02	Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	16.27
M-03	Ladrillo artesanal (Ladrillera Yucra)	15.04

Nota. Adaptado del estudio realizado por el tesista.

Figura 13

Contenido de humedad de las muestras



En el análisis de las muestras de suelo recolectadas en las ladrilleras, se evaluaron los niveles de humedad natural, ya que este parámetro influye directamente en la trabajabilidad del material y en su posterior comportamiento durante el proceso de conformado y secado de los ladrillos.

c) Límite de consistencia

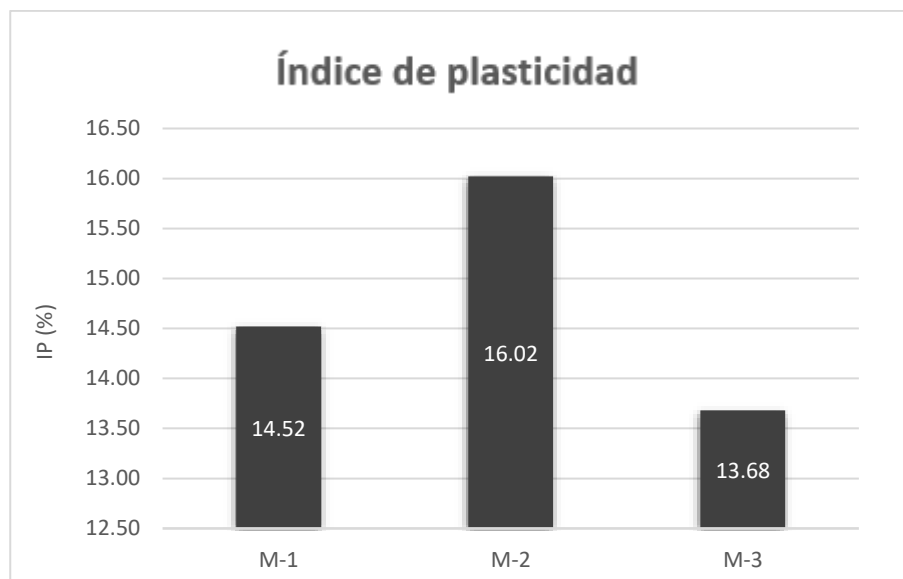
Tabla 13

Índice de plasticidad de la tierra

Muestras	Descripción	Límites de Atterberg		
		LL (%)	LP (%)	IP (%)
M-1	Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	31.12	16.60	14.52
M-2	Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	33.62	17.60	16.02
M-3	Ladrillo artesanal (Ladrillera Yucra)	33.03	19.34	13.68

Nota. Adaptado del estudio realizado por el tesista.

Figura 14

Índice de plasticidad


Durante el análisis se examinaron detalladamente los valores de las tres muestras, M-1, M-2 y M-3. Se encontró que las muestras obtuvieron valores de 14.52% de IP, 16.02% de IP y 13.68 de IP.



d) Color y textura

Tabla 14

Color y textura del ladrillo

Muestra	Descripción	Textura	Color
M - 1	Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)		
M - 2	Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	Rugosa	
M - 3	Ladrillo artesanal (Ladrillera Yucra)		

Se presentan los resultados del análisis de coloración y acabado de las ladrilleras, donde se identificó que las unidades de ladrillo muestran una textura predominantemente rugosa y un color anaranjado característico. Estos aspectos reflejan tanto las propiedades del suelo empleado como las condiciones de cocción aplicadas en el proceso de fabricación, las cuales influyen directamente en la apariencia y calidad final del producto.

4.1.1. Resultados sobre las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco

a) Absorción del ladrillo artesanal

Tabla 15

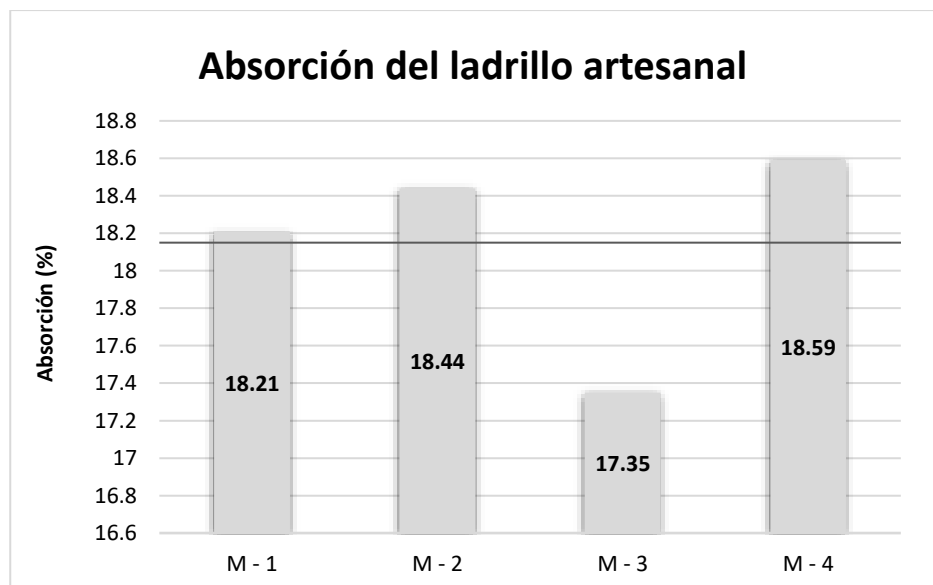
Ensayo de absorción del ladrillo

Descripción de la muestra	Muestra	Peso de ladrillo seco	Peso de ladrillo saturado	Absorción (%)
Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	M - 1	10042.00	11871.00	18.21
	M - 2	10101.00	11964.00	18.44
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M - 3	10128.00	11885.00	17.35
	M - 4	10028.00	11892.00	18.59
Promedio				18.15

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 15

Absorción del ladrillo



La figura ilustra los porcentajes de absorción del ladrillo artesanal en las cuatro muestras analizadas, con una tasa de absorción media del 18,15%.

b) Succión del ladrillo artesanal

Tabla 16

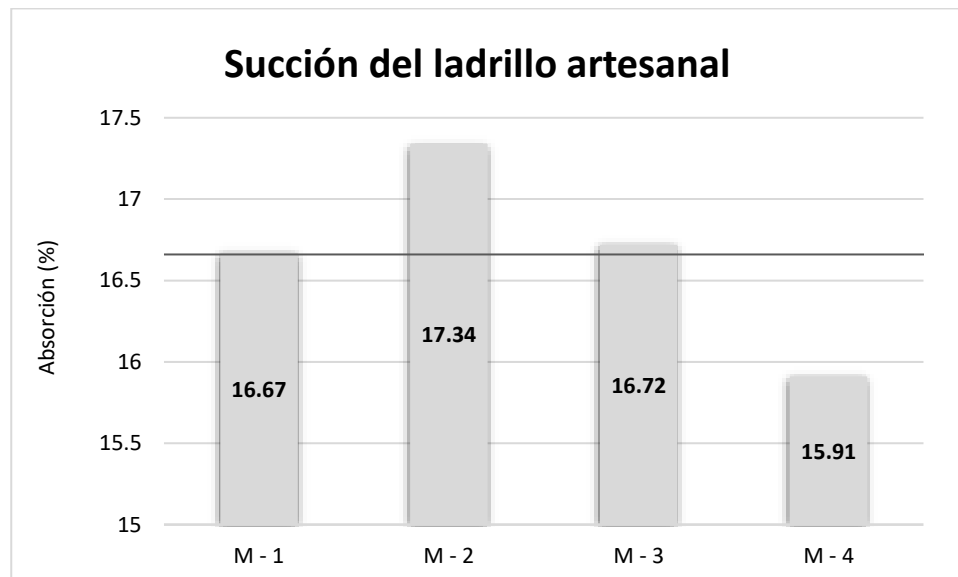
Succión del ladrillo

Descripción de la muestra	Muestra	Dimensiones		Pesos		W (G)	Succión (Gr/min)
		Largo (L)	Ancho (B)	P. Seco (G)	P. Saturado (G)		
Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	M-1	24.00	12.00	4921.00	4945.00	24.00	16.67
	M-2	23.95	12.04	4839.00	4864.00	25.00	17.34
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M-3	24.02	11.95	4635.00	4659.00	24.00	16.72
	M-4	24.05	12.02	4984.00	5007.00	23.00	15.91
Promedio							16.66

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 16

Succión del ladrillo



Se presentan los valores de las mediciones de succión realizadas en cuatro muestras de ladrillo artesanal. Los valores obtenidos fueron 16.67, 17.34, 16.72 y 15.91 gr/min, alcanzando un promedio de 16.66 gr/min. Estos resultados evidencian la capacidad de absorción de agua del material, lo que refleja la velocidad con que el ladrillo artesanal incorpora humedad.

c) Variación dimensional del ladrillo artesanal

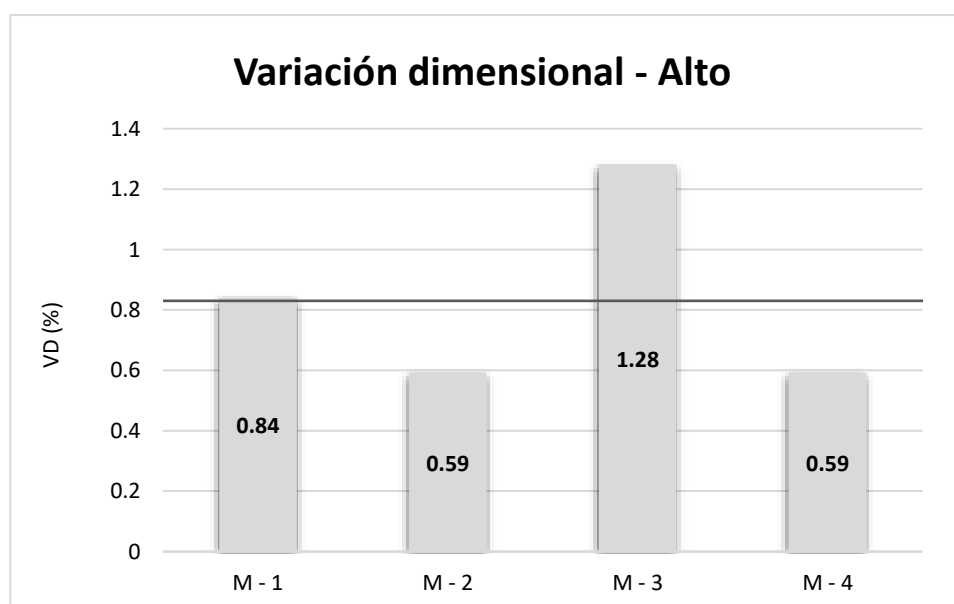
Tabla 17

Variación dimensional - alto

Descripción de la muestra	Muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	M-1	7.95	8.01	7.86	7.91	7.93	0.84
	M-2	7.87	7.96	7.98	8.00	7.95	0.59
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M-3	8.00	7.87	7.76	7.96	7.90	1.28
	M-4	7.94	8.02	8.00	7.85	7.95	0.59
Promedio de la variación							0.83

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 17

Variación dimensional - alto

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.84% para la muestra M-1, 0.59% para M-2, 1.28% para M-3 y 0.59% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

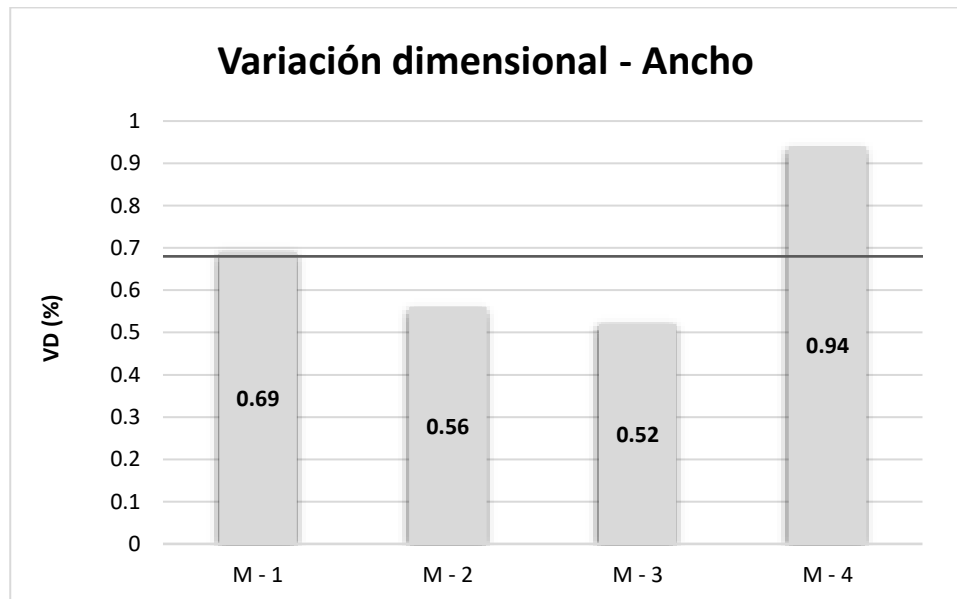
Tabla 18

Variación dimensional - ancho

Descripción de la muestra	Muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	M-1	12.92	12.95	12.88	12.89	12.91	0.69
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M-2	13.04	12.84	12.91	12.92	12.93	0.56
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M-3	12.90	12.86	13.00	12.97	12.93	0.52
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M-4	12.86	12.88	12.89	12.88	12.88	0.94
Promedio de la variación							0.68

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 18

Variación dimensional - ancho

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.69% para la muestra M-1, 0.56% para M-2, 0.52% para M-3 y 0.94% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Tabla 19

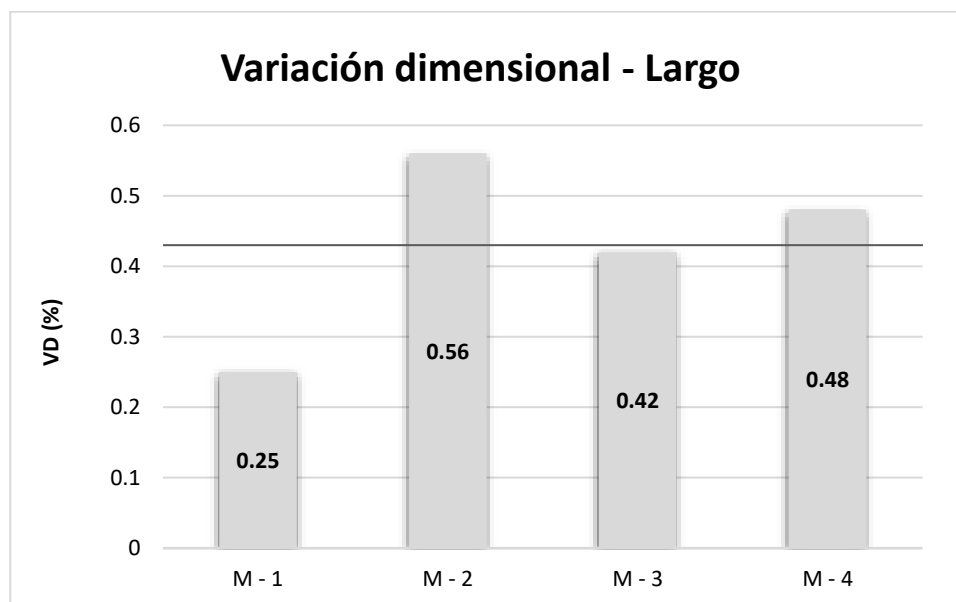
Variación dimensional - largo

Muestra	Muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito)	M-1	23.94	23.88	23.93	24.01	23.94	0.25
Puma)	M-2	24.00	23.81	23.78	23.87	23.87	0.56
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M-3	23.82	23.94	24.02	23.82	23.90	0.42
	M-4	23.95	23.87	23.81	23.91	23.89	0.48
Promedio de la variación							0.43

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 19

Variación dimensional - largo



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.25% para la muestra M-1, 0.56% para M-2, 0.42% para M-3 y 0.48% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

d) Alabeo del ladrillo convencional

Tabla 20

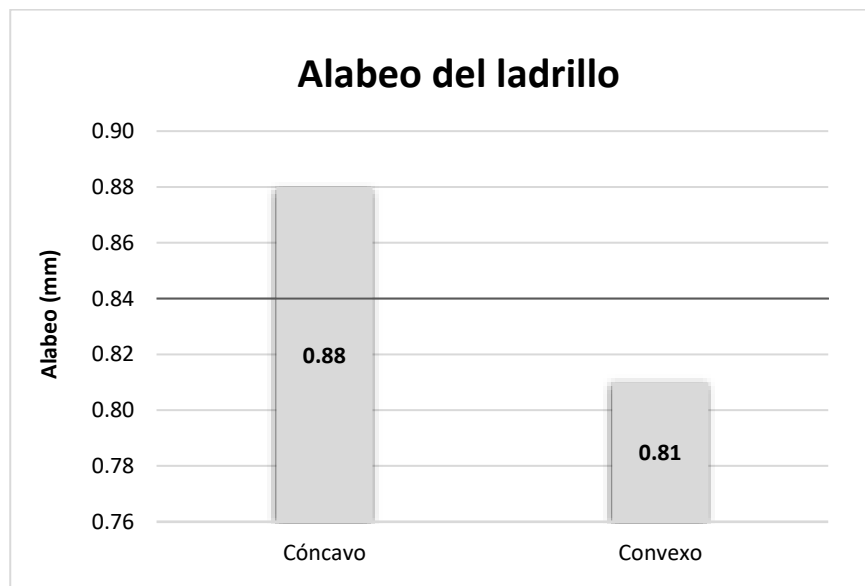
Alabeo del ladrillo

Descripción de la muestra	Muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Ladrillo artesanal	M-1	1.00	0.00	2.00	0.00
(Ladrillera Juancito Puma)	M-2	2.00	1.00	0.00	1.00
Ladrillo artesanal	M-3	0.00	1.00	1.00	1.50
(Ladrillos artesanales Condori)	M-4	1.00	2.00	0.00	0.00
Promedio (mm)		1.00	1.00	0.75	0.63
Concavidad promedio (mm)				0.88	
Convexidad promedio (mm)				0.81	
Alabeo promedio (mm)				0.84	

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio

Figura 20

Alabeo del ladrillo



La medición del alabeo en las muestras de ladrillo artesanal permitió identificar valores diferenciados para las deformaciones cóncavas y convexas, obteniéndose un promedio de 0.88 mm en el alabeo cóncavo y de 0.81 mm en el alabeo convexo, lo que en conjunto determinó un valor promedio general de 0.84 mm.

e) Resistencia a la compresión del ladrillo artesanal

Tabla 21

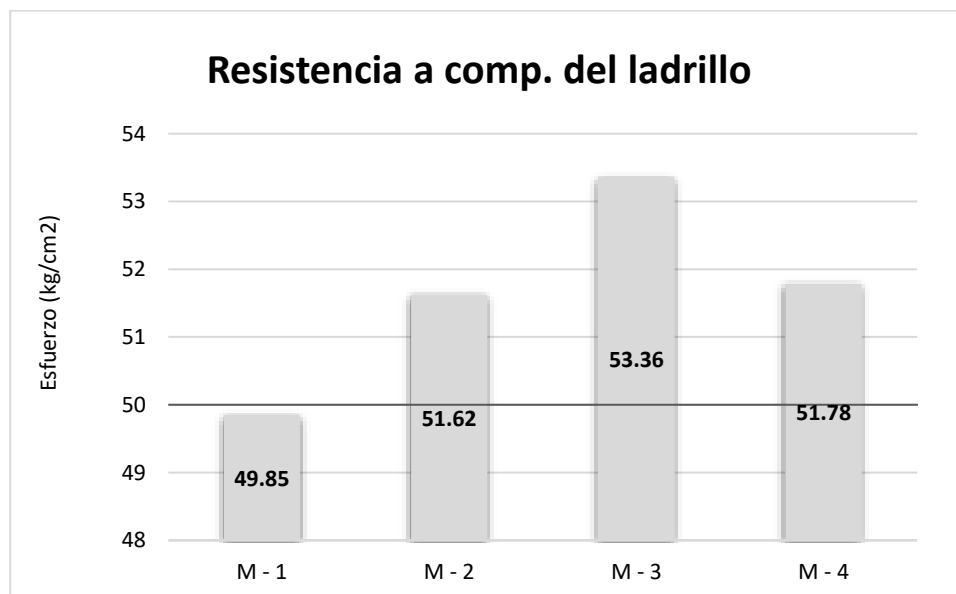
Rotura a compresión del ladrillo artesanal

Descripción de la muestra	Muestra	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esf. de Rotura kg/cm ²
Ladrillo artesanal (Ladrillera Juancito Puma)	M - 1	288.00	14358.00	49.85
	M - 2		14867.00	51.62
Ladrillo artesanal (Ladrillos artesanales Condori)	M - 3		15367.00	53.36
	M - 4		14912.00	51.78
Promedio (F´b) kg/cm²				51.65
Desv. Estándar				1.43
F´b corregido				50.22

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 21

Rotura a compresión del ladrillo artesanal



En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal, evidenciando un valor promedio de resistencia de 50.22 kg/cm². Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

4.1.2. Resultados sobre el empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales sobre las propiedades físicas del ladrillo

4.1.2.1. Propiedades físicas del ladrillo artesanal + Tereftalato de polietileno

a) Ensayo de absorción del LA + 4% PET

Tabla 22

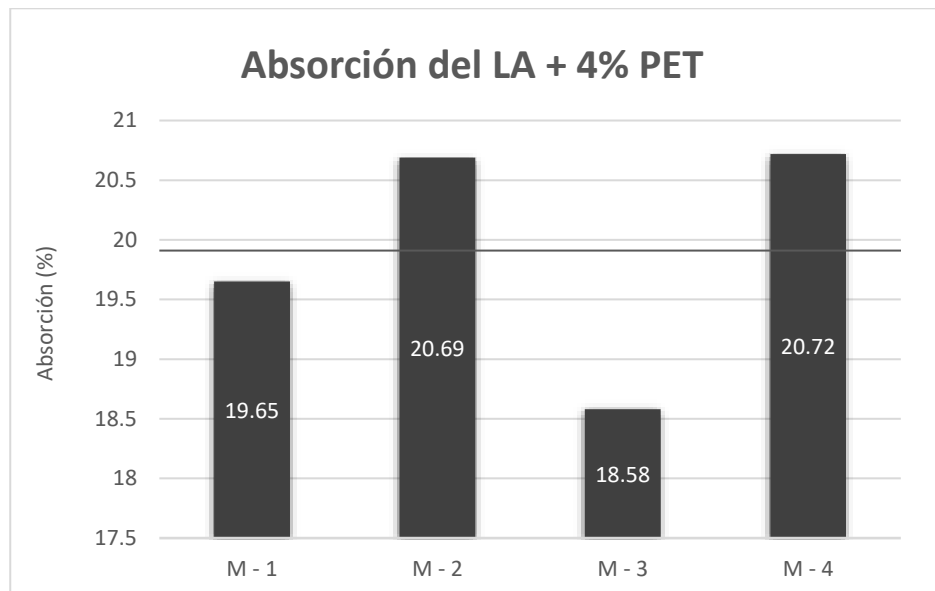
Ensayo de absorción del LA + 4% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Peso de ladrillo seco	Peso de ladrillo saturado	% Absorción
M-1	LA + 4% PET	11081.00	13106.00	18.27
M-2	LA + 4% PET	10438.00	12427.00	19.06
M-3	LA + 4% PET	10932.00	12951.00	18.47
M-4	LA + 4% PET	10793.00	12744.00	18.08
Promedio				18.47

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 22

Ensayo de absorción del LA + 4% PET



La figura muestra el comportamiento de absorción en las muestras de ladrillo elaboradas con una adición del 4% de tereftalato de polietileno, obteniéndose un valor de 18.47% tras el análisis de cuatro especímenes evaluados.

b) Ensayo de absorción del LA + 6% PET

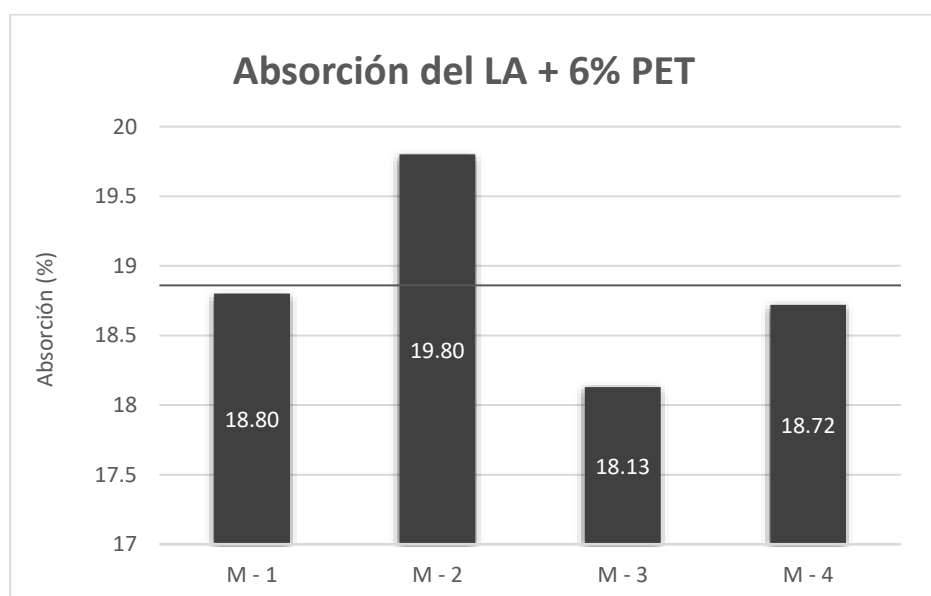
Tabla 23

Ensayo de absorción del LA + 6% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Peso de adobe seco	Peso de adobe saturado	% Absorción
M-1	LA + 6% PET	12015.00	14274.00	18.80
M-2	LA + 6% PET	11977.00	14348.00	19.80
M-3	LA + 6% PET	12229.00	14446.00	18.13
M-4	LA + 6% PET	12152.00	14427.00	18.72
Promedio				18.86

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 23

Ensayo de absorción del LA + 6% PET

La figura muestra el comportamiento de absorción en las muestras de ladrillo elaboradas con una adición del 6% de tereftalato de polietileno, obteniéndose un valor de 18.86% tras el análisis de cuatro especímenes evaluados.

c) Ensayo de absorción del LA + 8% PET

Tabla 24

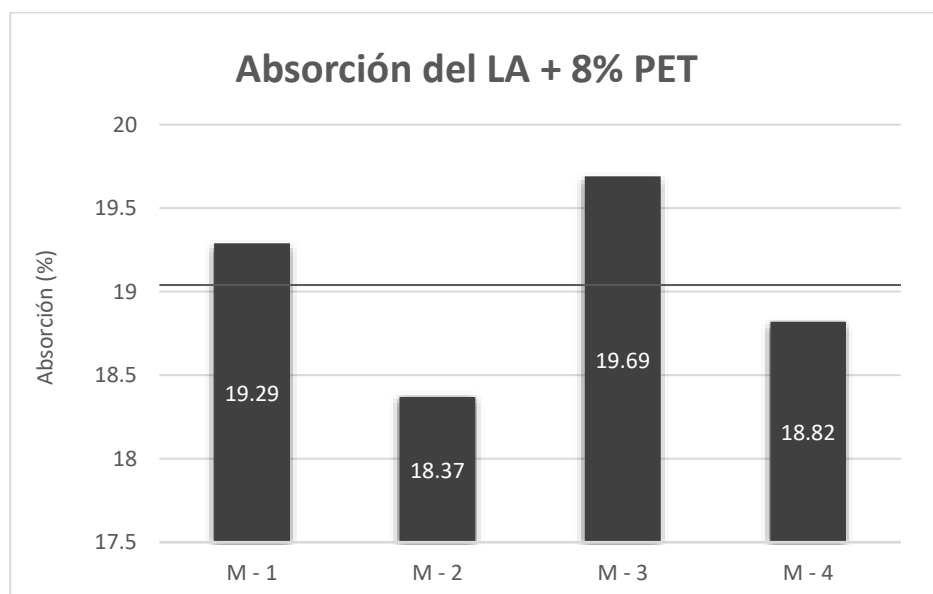
Ensayo de absorción del LA + 8% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Peso de adobe seco	Peso de adobe saturado	% Absorción
M-1	LA + 8% PET	10949.00	13061.00	19.29
M-2	LA + 8% PET	10772.00	12751.00	18.37
M-3	LA + 8% PET	11016.00	13185.00	19.69
M-4	LA + 8% PET	10918.00	12973.00	18.82
Promedio				19.04

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 24

Ensayo de absorción del LA + 8% PET

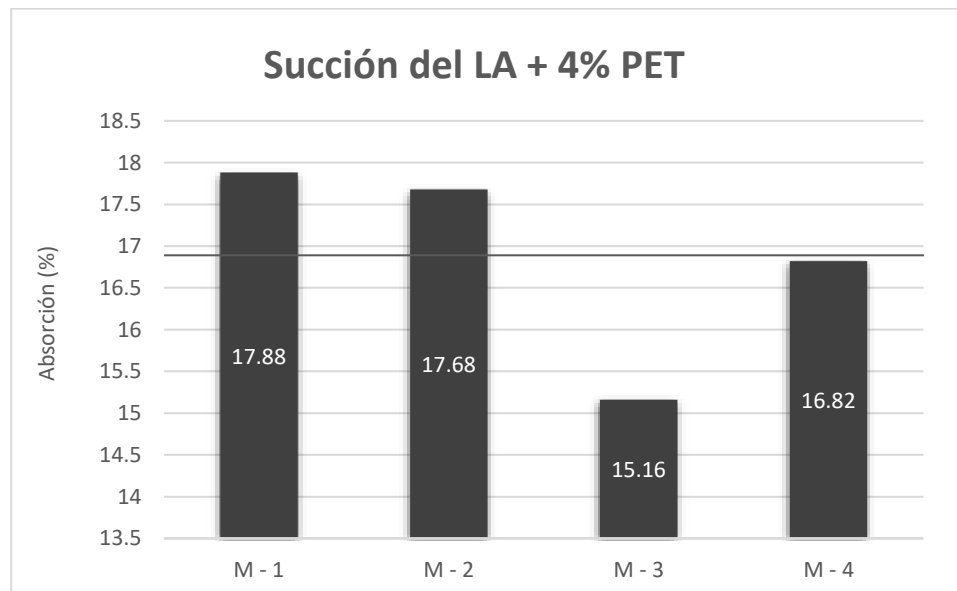


La figura muestra el comportamiento de absorción en las muestras de ladrillo elaboradas con una adición del 8% de tereftalato de polietileno, obteniéndose un valor de 19.04% tras el análisis de cuatro especímenes evaluados.

Ensayo de succión del LA + 4% PET**Tabla 25***Ensayo de succión del LA + 4% PET*

Muestra	Descripción de la muestra	Dimensiones		Pesos		W (G)	Succión (Gr/min)
		Largo (L)	Ancho (B)	P. Seco (G)	P. Saturado (G)		
M-1	LA + 4% PET	24.02	12.00	5021.48	5047.25	25.77	17.88
M-2	LA + 4% PET	23.96	11.85	4930.26	4955.36	25.10	17.68
M-3	LA + 4% PET	23.92	12.03	4851.37	4873.18	21.81	15.16
M-4	LA + 4% PET	24.00	11.94	5052.44	5076.54	24.10	16.82
Promedio							16.89

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

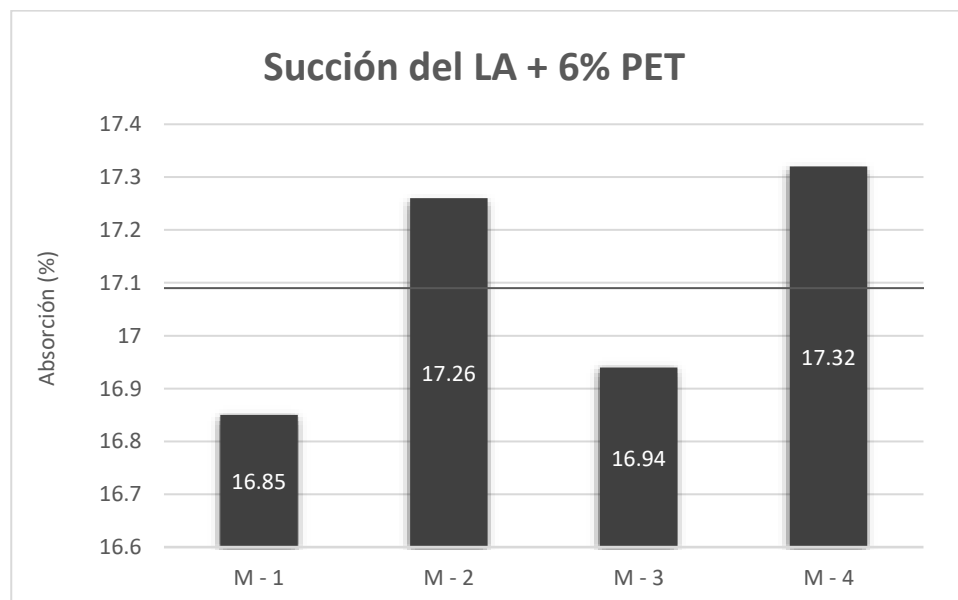
Figura 25*Ensayo de succión del LA + 4% PET*

Se observa el comportamiento de succión en las muestras de ladrillo incorporadas con un 4% de tereftalato de polietileno, donde el análisis de cuatro especímenes arrojó un valor de 16.89 gr/min para esta variable.

Ensayo de succión del LA + 6% PET**Tabla 26***Ensayo de succión del LA + 6% PET*

Muestra	Descripción de la muestra	Dimensiones		Pesos		W (G)	Succión (Gr/min)
		Largo (L)	Ancho (B)	P. Seco (G)	P. Saturado (G)		
M-1	LA + 6% PET	23.98	12.10	5046.51	5070.95	24.44	16.85
M-2	LA + 6% PET	24.00	11.90	5029.78	5054.43	24.65	17.26
M-3	LA + 6% PET	24.03	11.96	5143.33	5167.67	24.34	16.94
M-4	LA + 6% PET	23.95	12.02	5079.62	5104.55	24.93	17.32
Promedio							17.09

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 26*Ensayo de succión del LA + 6% PET*

Se observa el comportamiento de succión en las muestras de ladrillo incorporadas con un 6% de tereftalato de polietileno, donde el análisis de cuatro especímenes arrojó un valor de 17.09 gr/min para esta variable.

✚ Ensayo de succión del LA + 8% PET

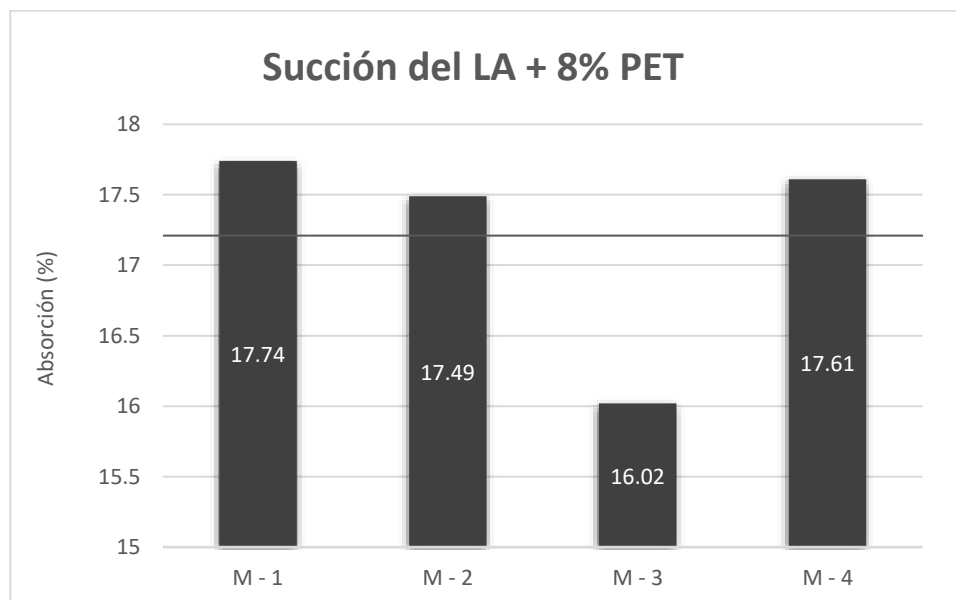
Tabla 27

Ensayo de succión del LA + 8% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Dimensiones		Pesos		W (G)	Succión (Gr/min)
		Largo (L)	Ancho (B)	P. Seco (G)	P. Saturado (G)		
M-1	LA + 8% PET	24.05	12.06	4986.36	5012.08	25.72	17.74
M-2	LA + 8% PET	23.88	12.02	5061.27	5086.37	25.10	17.49
M-3	LA + 8% PET	24.02	11.95	5049.64	5072.63	22.99	16.02
M-4	LA + 8% PET	24.00	12.00	5188.91	5214.27	25.36	17.61
Promedio							17.21

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 27

Ensayo de succión del LA + 8% PET

Se observa el comportamiento de succión en las muestras de ladrillo incorporadas con un 8% de tereftalato de polietileno, donde el análisis de cuatro especímenes arrojó un valor de 17.21 gr/min para esta variable.

a) Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET

Tabla 28

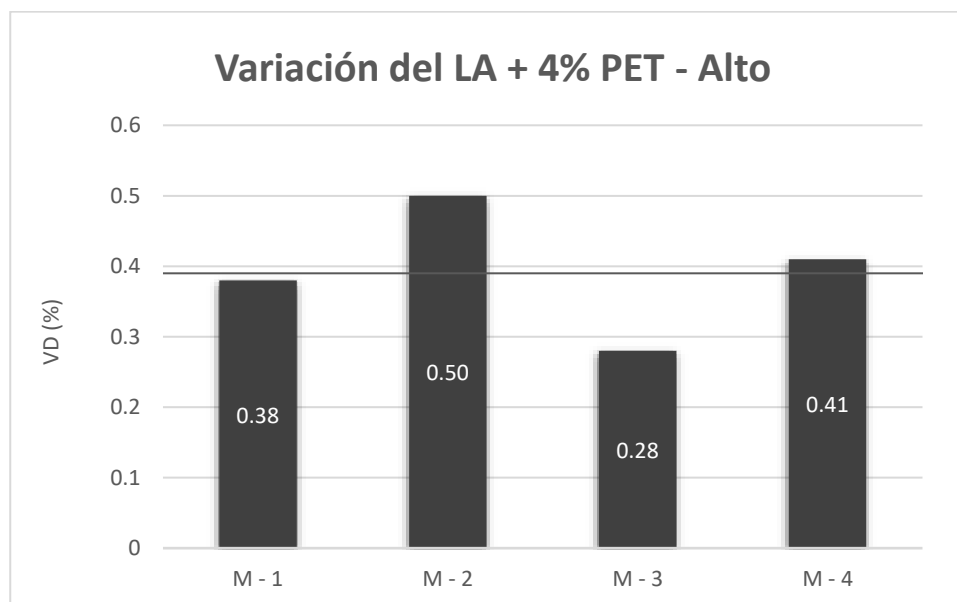
Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 4% PET	7.88	8.00	8.02	7.98	7.97	0.38
M-2	LA + 4% PET	7.90	7.86	8.06	8.02	7.96	0.50
M-3	LA + 4% PET	8.02	8.05	7.90	7.94	7.98	0.28
M-4	LA + 4% PET	7.95	7.92	8.00	8.00	7.97	0.41
Promedio de la variación							0.39

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 28

Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.38% para la muestra M-1, 0.50% para M-2, 0.28% para M-3 y 0.41% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Tabla 29

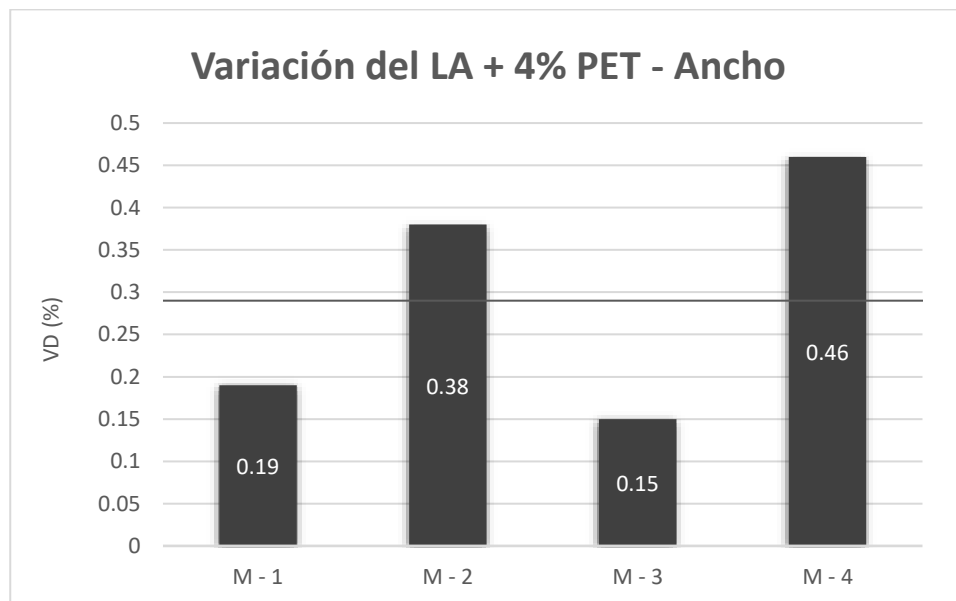
Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 4% PET	12.02	11.95	12.00	11.94	11.98	0.19
M-2	LA + 4% PET	11.96	12.00	11.95	11.91	11.96	0.38
M-3	LA + 4% PET	11.86	12.05	12.02	12.00	11.98	0.15
M-4	LA + 4% PET	12.00	11.84	11.86	12.08	11.95	0.46
Promedio de la variación							0.29

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 29

Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.19% para la muestra M-1, 0.38% para M-2, 0.15% para M-3 y 0.46% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

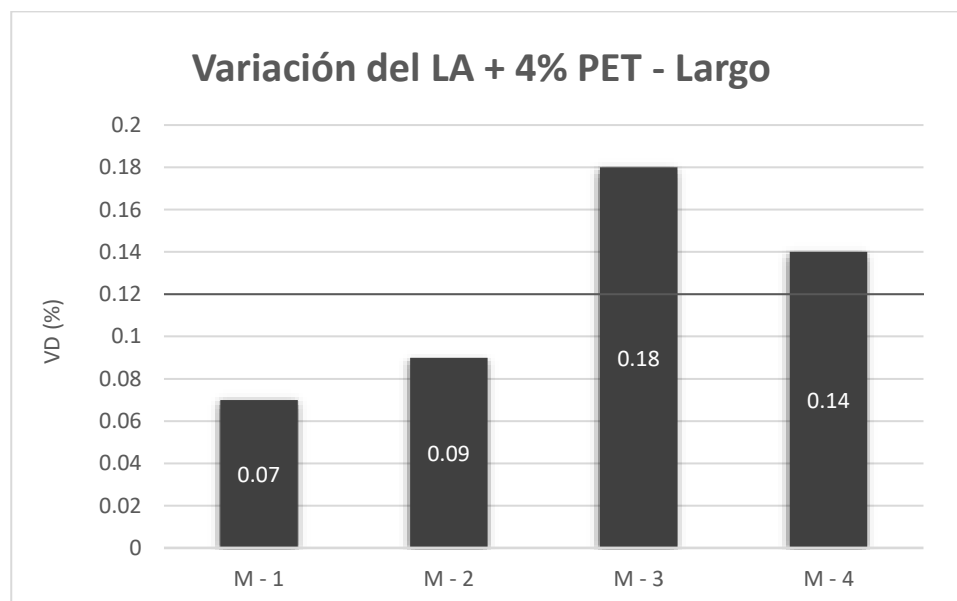
Tabla 30

Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 4% PET	23.95	24.02	23.93	24.03	23.98	0.07
M-2	LA + 4% PET	24.06	24.00	23.96	23.89	23.98	0.09
M-3	LA + 4% PET	23.88	23.90	24.05	24.00	23.96	0.18
M-4	LA + 4% PET	24.00	23.95	24.00	23.92	23.97	0.14
Promedio de la variación							0.12

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 30

Ensayo de variación dimensional del LA + 4% PET

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.07% para la muestra M-1, 0.09% para M-2, 0.18% para M-3 y 0.14% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

b) Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET

Tabla 31

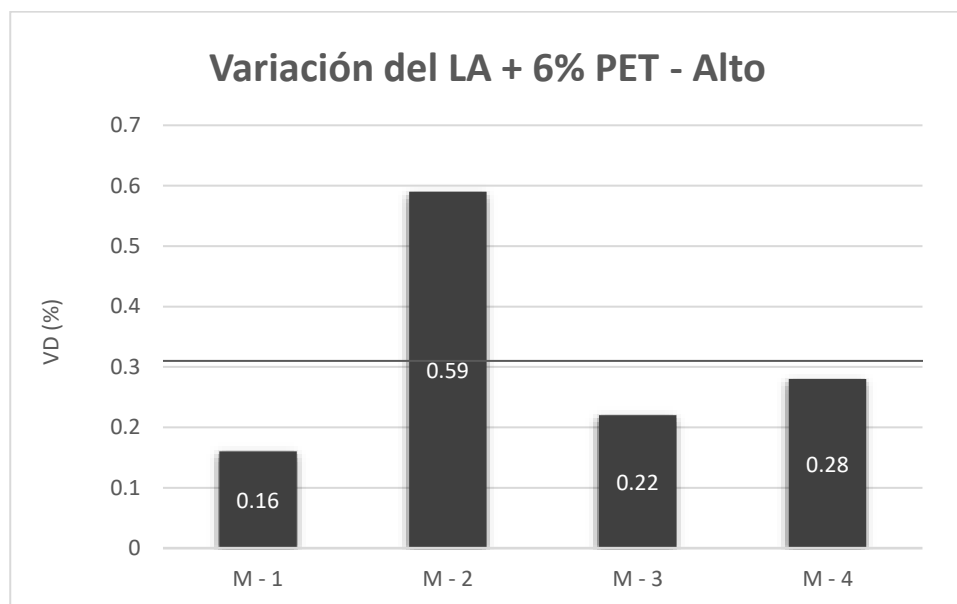
Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 6% PET	8.02	7.89	8.04	8.00	7.99	0.16
M-2	LA + 6% PET	7.88	8.04	8.03	7.86	7.95	0.59
M-3	LA + 6% PET	7.94	8.00	7.94	8.05	7.98	0.22
M-4	LA + 6% PET	8.05	7.96	7.95	7.95	7.98	0.28
Promedio de la variación							0.31

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 31

Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.16% para la muestra M-1, 0.59% para M-2, 0.22% para M-3 y 0.28% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Tabla 32

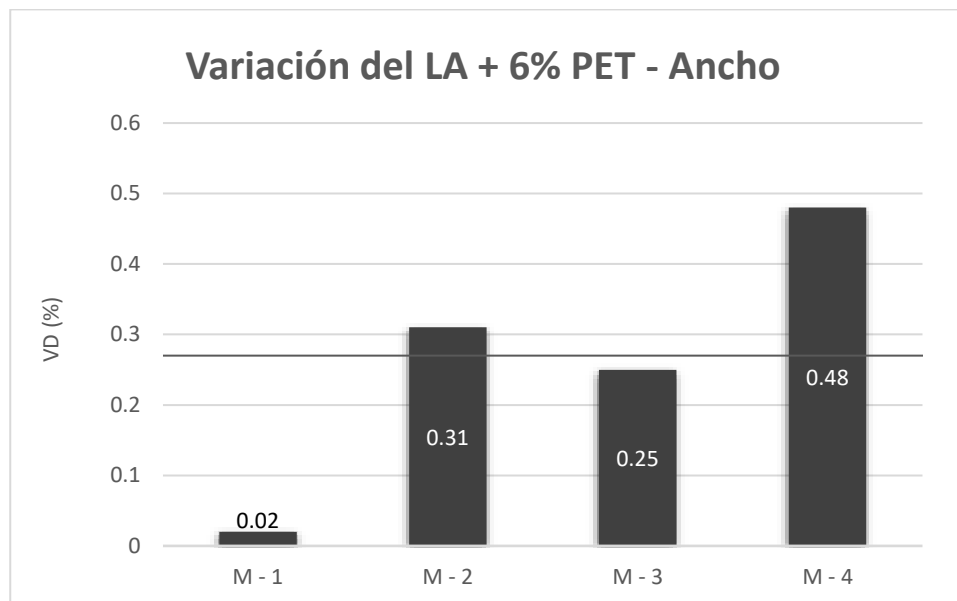
Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 6% PET	12.05	11.91	12.03	12.00	12.00	0.02
M-2	LA + 6% PET	12.00	12.04	11.95	11.86	11.96	0.31
M-3	LA + 6% PET	11.95	12.08	11.82	12.03	11.97	0.25
M-4	LA + 6% PET	11.87	11.84	12.06	12.00	11.94	0.48
Promedio de la variación							0.27

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 32

Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.02% para la muestra M-1, 0.31% para M-2, 0.25% para M-3 y 0.48% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

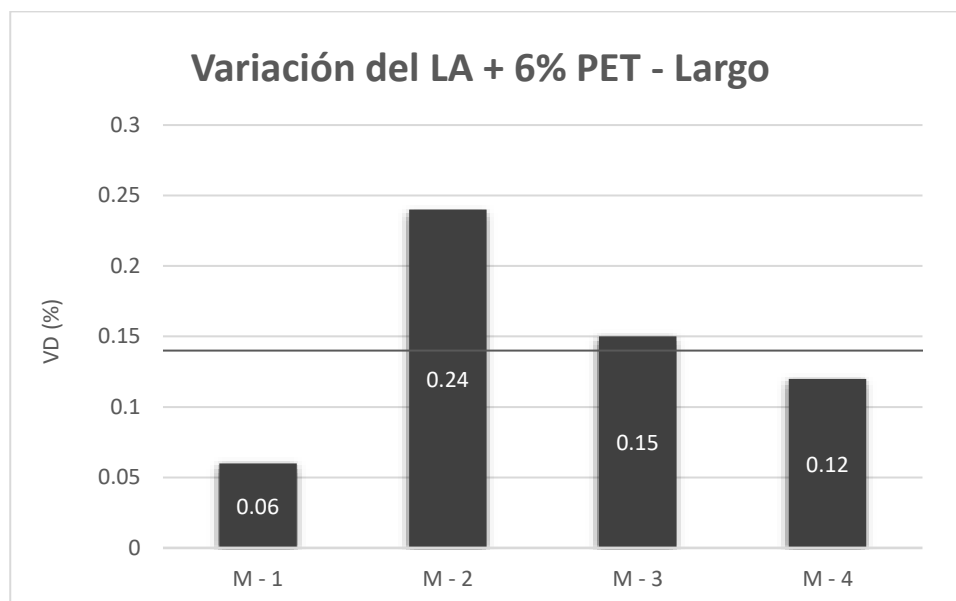
Tabla 33

Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 6% PET	24.05	24.01	23.95	23.93	23.99	0.06
M-2	LA + 6% PET	23.82	23.86	24.06	24.03	23.94	0.24
M-3	LA + 6% PET	24.02	23.95	24.02	23.87	23.97	0.15
M-4	LA + 6% PET	23.94	24.07	23.85	24.02	23.97	0.12
Promedio de la variación							0.14

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 33

Ensayo de variación dimensional del LA + 6% PET

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.06% para la muestra M-1, 0.24% para M-2, 0.15% para M-3 y 0.12% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

c) Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET

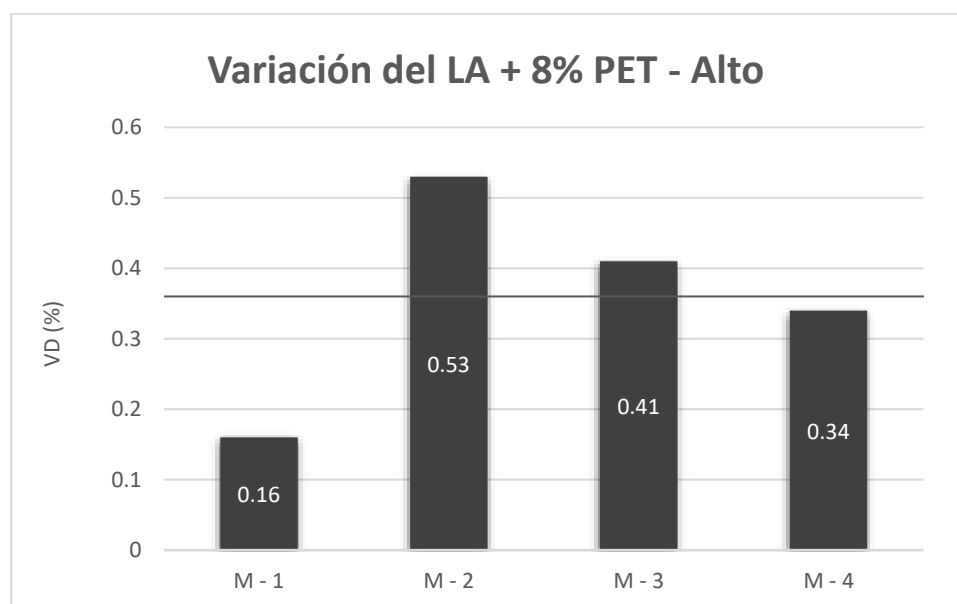
Tabla 34

Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 8% PET	7.97	8.06	8.02	7.90	7.99	0.16
M-2	LA + 8% PET	8.05	8.03	7.82	7.93	7.96	0.53
M-3	LA + 8% PET	7.86	7.88	8.07	8.06	7.97	0.41
M-4	LA + 8% PET	8.02	7.94	7.91	8.02	7.97	0.34
Promedio de la variación							0.36

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 34

Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.16% para la muestra M-1, 0.53% para M-2, 0.41% para M-3 y 0.34% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

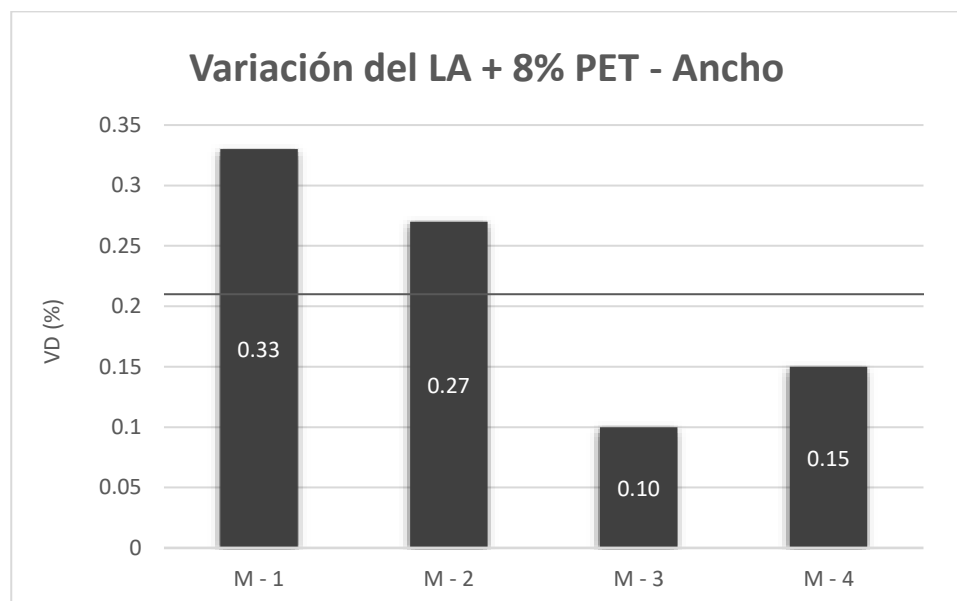
Tabla 35

Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 8% PET	12.08	12.05	11.84	11.87	11.96	0.33
M-2	LA + 8% PET	11.95	12.03	12.04	11.85	11.97	0.27
M-3	LA + 8% PET	11.86	11.92	12.08	12.09	11.99	0.10
M-4	LA + 8% PET	12.04	11.95	11.92	12.02	11.98	0.15
Promedio de la variación							0.21

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 35

Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.33% para la muestra M-1, 0.27% para M-2, 0.10% para M-3 y 0.15% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Tabla 36

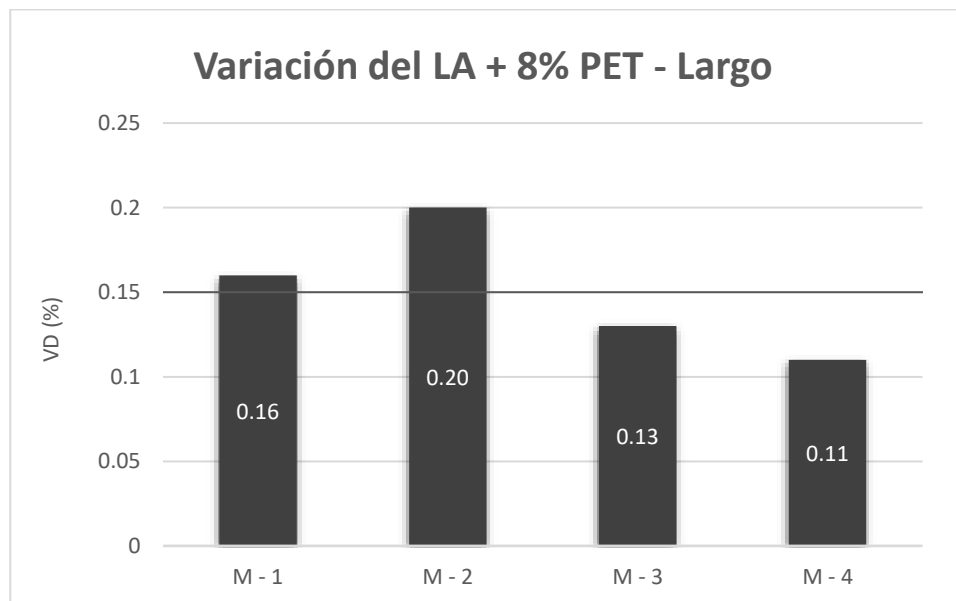
Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 8% PET	24.09	23.86	23.89	24.01	23.96	0.16
M-2	LA + 8% PET	23.85	24.08	24.04	23.84	23.95	0.20
M-3	LA + 8% PET	23.89	23.94	24.02	24.03	23.97	0.13
M-4	LA + 8% PET	24.05	24.02	23.90	23.92	23.97	0.11
Promedio de la variación							0.15

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 36

Ensayo de variación dimensional del LA + 8% PET



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.16% para la muestra M-1, 0.20% para M-2, 0.13% para M-3 y 0.11% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Ensayo alabeo del LA + 4% PET**Tabla 37***Ensayo alabeo del LA + 4% PET*

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	LA + 4% PET	2.00	0.50	1.00	1.00
M-2	LA + 4% PET	0.00	1.00	0.50	0.00
M-3	LA + 4% PET	1.00	0.00	2.00	1.00
M-4	LA + 4% PET	0.00	2.00	1.00	0.50
Promedio (mm)		0.75	0.88	1.13	0.63
Concavidad promedio (mm)				0.94	
Convexidad promedio (mm)				0.75	
Alabeo promedio (mm)				0.84	

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

La tabla presenta los valores de alabeo obtenidos en los ladrillos fabricados con una adición del 4% de tereftalato de polietileno, registrándose un alabeo cóncavo promedio de 0.94 mm y un alabeo convexo promedio de 0.75 mm, lo que generó un valor promedio general de 0.84 mm.

Tabla 38*Ensayo alabeo del LA + 6% PET*

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	LA + 6% PET	1.00	1.00	1.00	0.50
M-2	LA + 6% PET	0.00	2.00	0.50	1.00
M-3	LA + 6% PET	1.50	0.00	0.00	1.00
M-4	LA + 6% PET	0.50	1.50	1.50	0.00
Promedio (mm)		0.75	1.13	0.75	0.63
Concavidad promedio (mm)				0.75	
Convexidad promedio (mm)				0.88	
Alabeo promedio (mm)				0.81	

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

La tabla presenta los valores de alabeo obtenidos en los ladrillos fabricados con una adición del 6% de tereftalato de polietileno, registrándose un alabeo cóncavo promedio de 0.75 mm y un alabeo convexo promedio de 0.88 mm, lo que generó un valor promedio general de 0.81 mm.

Tabla 39*Ensayo alabeo del LA + 8% PET*

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	LA + 8% PET	1.00	1.00	0.00	1.00
M-2	LA + 8% PET	2.00	0.50	1.00	0.00
M-3	LA + 8% PET	0.00	1.00	2.00	2.00
M-4	LA + 8% PET	1.50	1.80	0.00	1.00
Promedio (mm)		1.13	1.08	0.75	1.00
Concavidad promedio (mm)				0.94	
Convexidad promedio (mm)				1.04	
Alabeo promedio (mm)				0.99	

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

La tabla presenta los valores de alabeo obtenidos en los ladrillos fabricados con una adición del 8% de tereftalato de polietileno, registrándose un alabeo cóncavo promedio de 0.94 mm y un alabeo convexo promedio de 1.04 mm, lo que generó un valor promedio general de 0.99 mm.

4.1.2.2. Propiedades físicas del ladrillo artesanal + Lodo de aguas residuales

a) Ensayo de absorción del LA + 5% LAR

Tabla 40

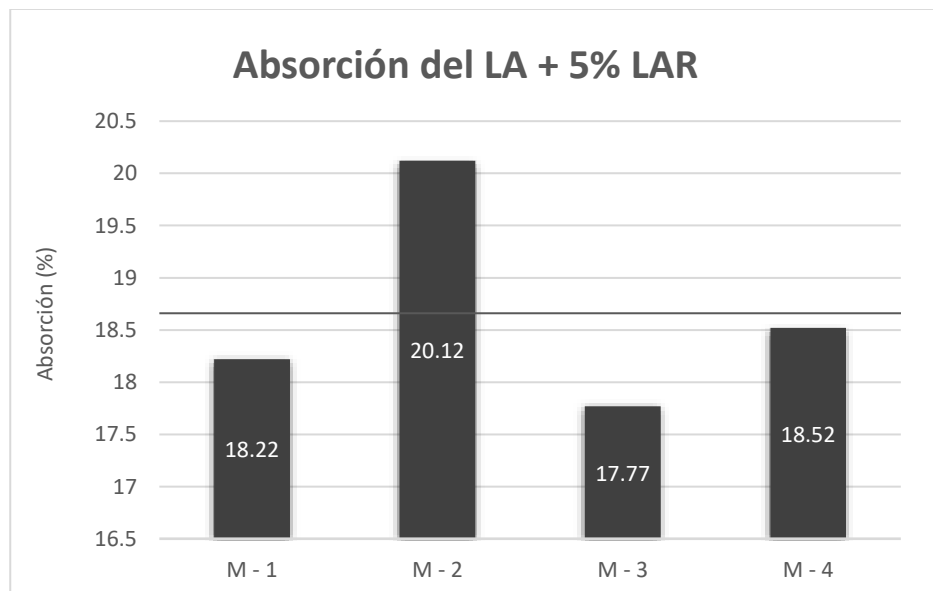
Ensayo de absorción del LA + 5% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Peso de adobe seco	Peso de adobe saturado	% Absorción
M-1	LA + 5% LAR	11182.00	13219.00	18.22
M-2	LA + 5% LAR	11365.00	13652.00	20.12
M-3	LA + 5% LAR	11523.00	13571.00	17.77
M-4	LA + 5% LAR	11207.00	13282.00	18.52
Promedio				18.66

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 37

Ensayo de absorción del LA + 5% LAR



Se evidencia el comportamiento de absorción en las muestras de ladrillo elaboradas con una adición del 5% de lodo de aguas residuales, obteniéndose un valor de 18.66% tras el análisis de cuatro especímenes evaluados.

b) Ensayo de absorción del LA + 15% LAR

Tabla 41

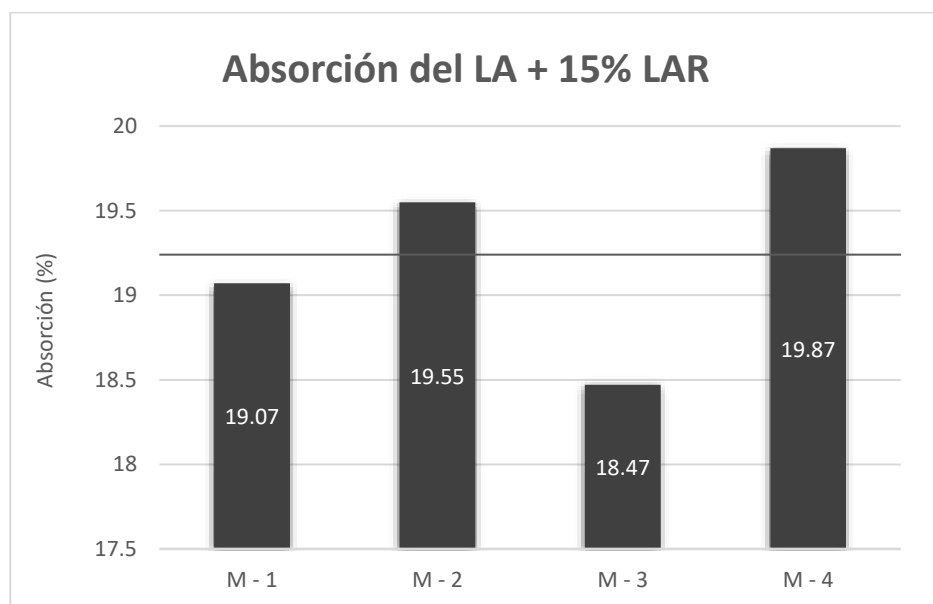
Ensayo de absorción del LA + 15% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Peso de adobe seco	Peso de adobe saturado	% Absorción
M-1	LA + 15% LAR	11214.00	13353.00	19.07
M-2	LA + 15% LAR	11312.00	13524.00	19.55
M-3	LA + 15% LAR	11248.00	13326.00	18.47
M-4	LA + 15% LAR	11285.00	13527.00	19.87
Promedio				19.24

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 38

Ensayo de absorción del LA + 15% LAR



Se evidencia el comportamiento de absorción en las muestras de ladrillo elaboradas con una adición del 15% de lodo de aguas residuales, obteniéndose un valor de 19.24% tras el análisis de cuatro especímenes evaluados.

c) Ensayo de absorción del LA + 25% LAR

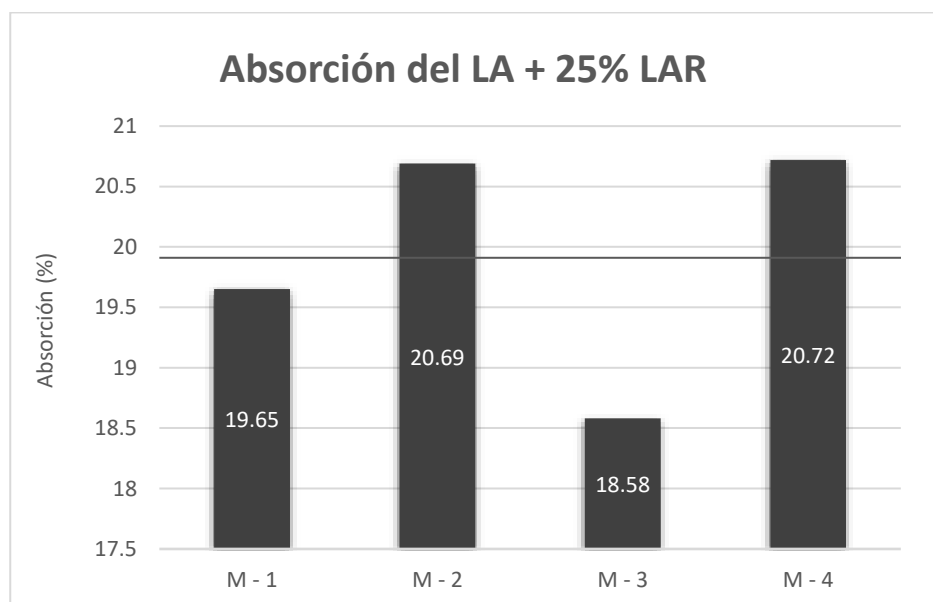
Tabla 42

Ensayo de absorción del LA + 25% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Peso de adobe seco	Peso de adobe saturado	% Absorción
M-1	LA + 25% LAR	11218.00	13422.00	19.65
M-2	LA + 25% LAR	11337.00	13683.00	20.69
M-3	LA + 25% LAR	11456.00	13584.00	18.58
M-4	LA + 25% LAR	11127.00	13432.00	20.72
Promedio				19.91

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 39

Ensayo de absorción del LA + 25% LAR

Se evidencia el comportamiento de absorción en las muestras de ladrillo elaboradas con una adición del 25% de lodo de aguas residuales, obteniéndose un valor de 19.91% tras el análisis de cuatro especímenes evaluados.

Ensayo de succión del LA + 5% LAR

Tabla 43

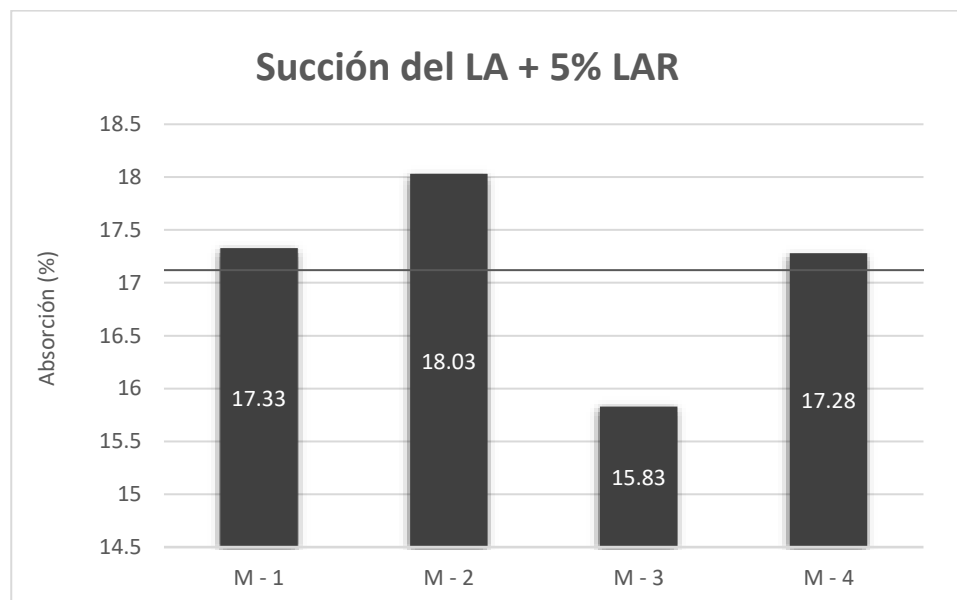
Ensayo de succión del LA + 5% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Dimensiones		Pesos		W (G)	Succión (Gr/min)
		Largo (L)	Ancho (B)	P. Seco (G)	P. Saturado (G)		
M-1	LA + 5% LAR	24.00	12.12	5131.33	5156.54	25.21	17.33
M-2	LA + 5% LAR	23.86	12.08	5074.94	5100.93	25.99	18.03
M-3	LA + 5% LAR	24.05	11.96	5083.54	5106.31	22.77	15.83
M-4	LA + 5% LAR	24.00	12.00	5149.78	5174.66	24.88	17.28
Promedio							17.12

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 40

Ensayo de succión del LA + 5% LAR



Se observa el comportamiento de succión en las muestras de ladrillo incorporadas con un 5% de lodo de aguas residuales, donde el análisis de cuatro especímenes arrojó un valor de 17.12 gr/min para esta variable.

Ensayo de succión del LA + 15% LAR

Tabla 44

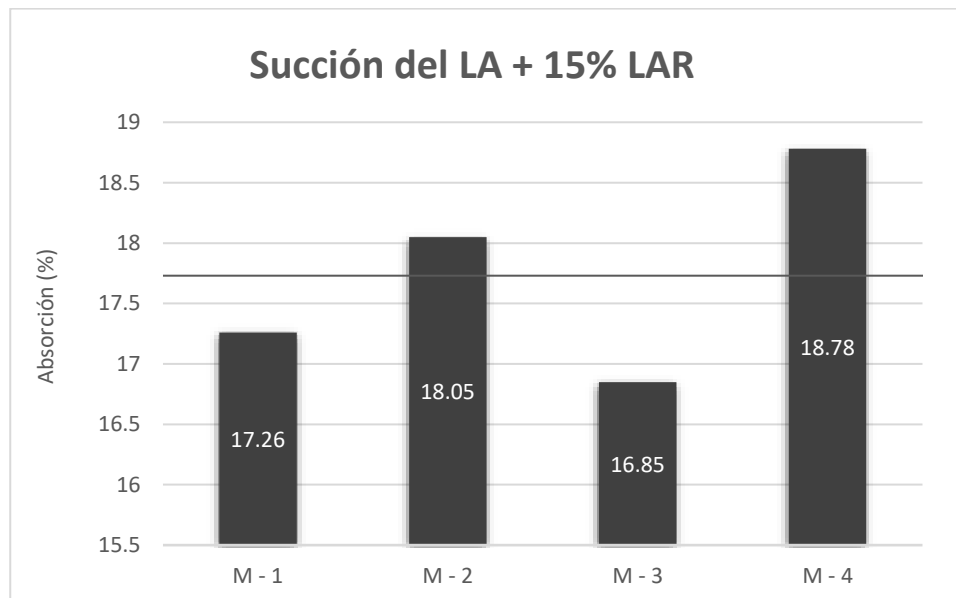
Ensayo de succión del LA + 15% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Dimensiones		Pesos		W (G)	Succión (Gr/min)
		Largo (L)	Ancho (B)	P. Seco (G)	P. Saturado (G)		
M-1	LA + 15% LAR	24.03	12.05	5283.36	5308.35	24.99	17.26
M-2	LA + 15% LAR	24.00	11.95	5139.54	5165.42	25.88	18.05
M-3	LA + 15% LAR	23.98	11.87	5244.77	5268.75	23.98	16.85
M-4	LA + 15% LAR	23.88	12.02	5155.32	5182.27	26.95	18.78
Promedio							17.73

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 41

Ensayo de succión del LA + 15% LAR

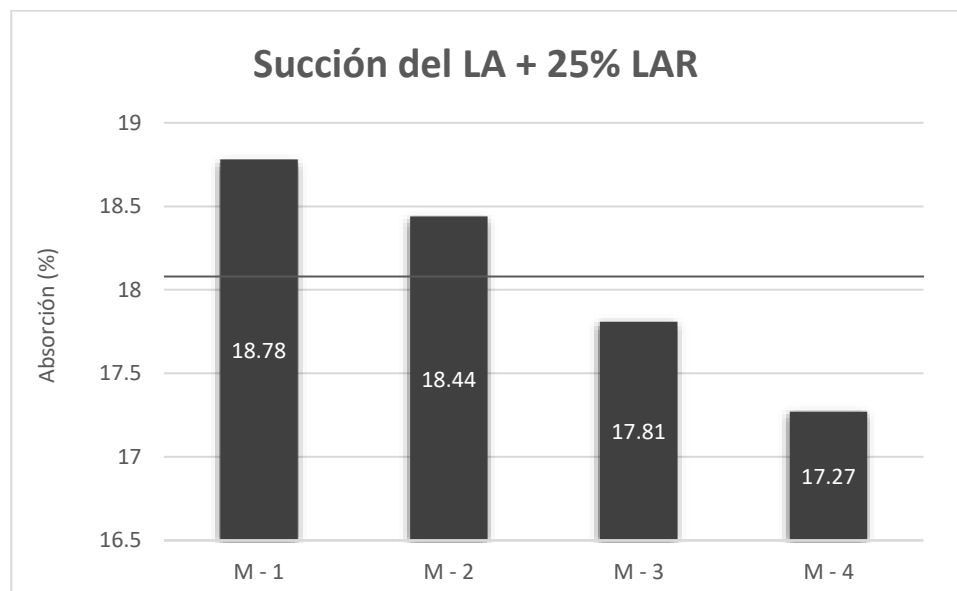


Se observa el comportamiento de succión en las muestras de ladrillo incorporadas con un 15% de lodo de aguas residuales, donde el análisis de cuatro especímenes arrojó un valor de 17.73 gr/min para esta variable.

Ensayo de succión del LA + 25% LAR**Tabla 45***Ensayo de succión del LA + 25% LAR*

Muestra	Descripción de la muestra	Dimensiones		Pesos		W (G)	Succión (Gr/min)
		Largo (L)	Ancho (B)	P. Seco (G)	P. Saturado (G)		
M-1	LA + 25% LAR	23.85	12.03	5351.33	5378.27	26.94	18.78
M-2	LA + 25% LAR	24.02	12.00	5238.51	5265.08	26.57	18.44
M-3	LA + 25% LAR	24.00	11.98	5269.63	5295.24	25.61	17.81
M-4	LA + 25% LAR	23.96	11.95	5224.75	5249.48	24.73	17.27
Promedio							18.08

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 42*Ensayo de succión del LA + 25% LAR*

Se observa el comportamiento de succión en las muestras de ladrillo incorporadas con un 25% de lodo de aguas residuales, donde el análisis de cuatro especímenes arrojó un valor de 18.08 gr/min para esta variable.

a) Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR

Tabla 46

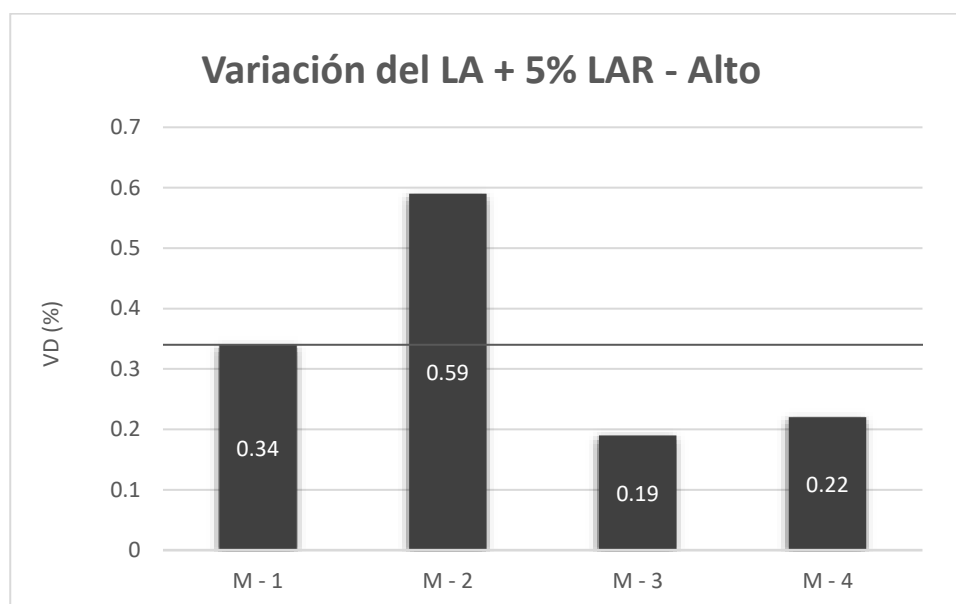
Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 5% LAR	8.03	7.94	8.05	7.87	7.97	0.34
M-2	LA + 5% LAR	7.82	8.03	8.02	7.94	7.95	0.59
M-3	LA + 5% LAR	8.11	7.91	7.86	8.06	7.99	0.19
M-4	LA + 5% LAR	7.93	8.07	7.91	8.02	7.98	0.22
Promedio de la variación							0.34

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 43

Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.34% para la muestra M-1, 0.59% para M-2, 0.19% para M-3 y 0.22% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Tabla 47

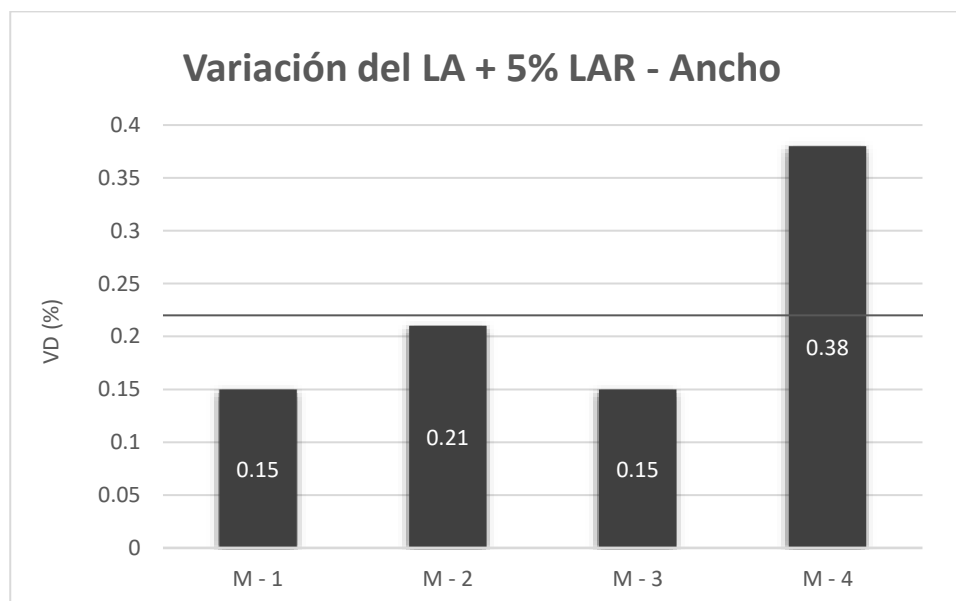
Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 5% LAR	11.98	12.08	11.85	12.02	11.98	0.15
M-2	LA + 5% LAR	12.06	12.03	11.93	11.88	11.98	0.21
M-3	LA + 5% LAR	12.03	11.94	12.03	11.93	11.98	0.15
M-4	LA + 5% LAR	11.87	11.86	12.08	12.01	11.96	0.38
Promedio de la variación							0.22

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 44

Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.15% para la muestra M-1, 0.21% para M-2, 0.15% para M-3 y 0.38% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Tabla 48

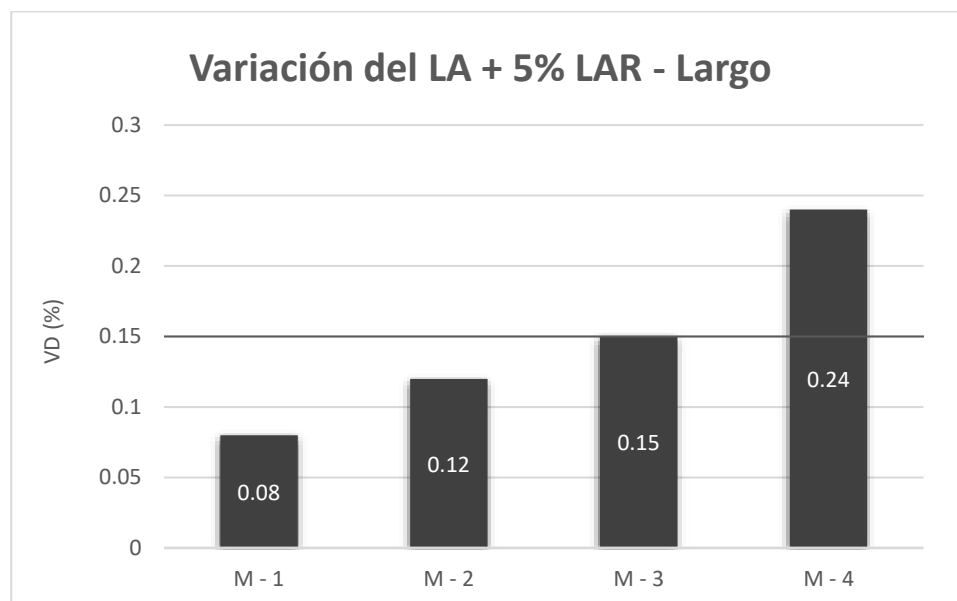
Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 5% LAR	24.08	23.93	24.01	23.90	23.98	0.08
M-2	LA + 5% LAR	24.02	24.05	23.94	23.87	23.97	0.12
M-3	LA + 5% LAR	23.94	23.82	24.08	24.02	23.97	0.15
M-4	LA + 5% LAR	23.80	24.02	23.91	24.04	23.94	0.24
Promedio de la variación							0.15

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 45

Ensayo de variación dimensional del LA + 5% LAR



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.08% para la muestra M-1, 0.12% para M-2, 0.15% para M-3 y 0.24% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

b) Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR

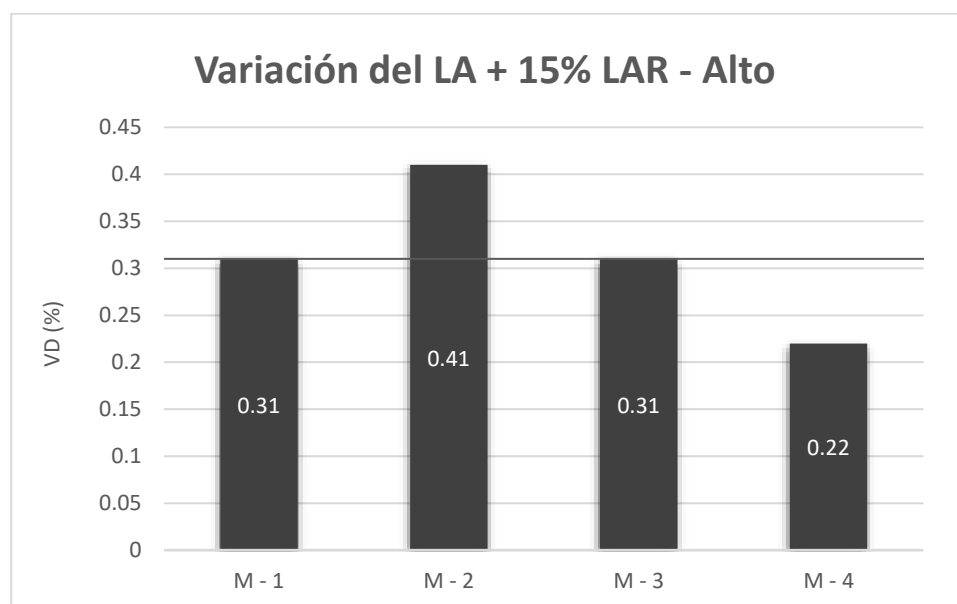
Tabla 49

Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 15% LAR	7.82	8.06	8.07	7.95	7.98	0.31
M-2	LA + 15% LAR	8.03	7.88	8.03	7.93	7.97	0.41
M-3	LA + 15% LAR	8.07	7.93	7.86	8.04	7.98	0.31
M-4	LA + 15% LAR	7.92	8.08	7.91	8.02	7.98	0.22
Promedio de la variación							0.31

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 46

Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.31% para la muestra M-1, 0.41% para M-2, 0.31% para M-3 y 0.22% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Tabla 50

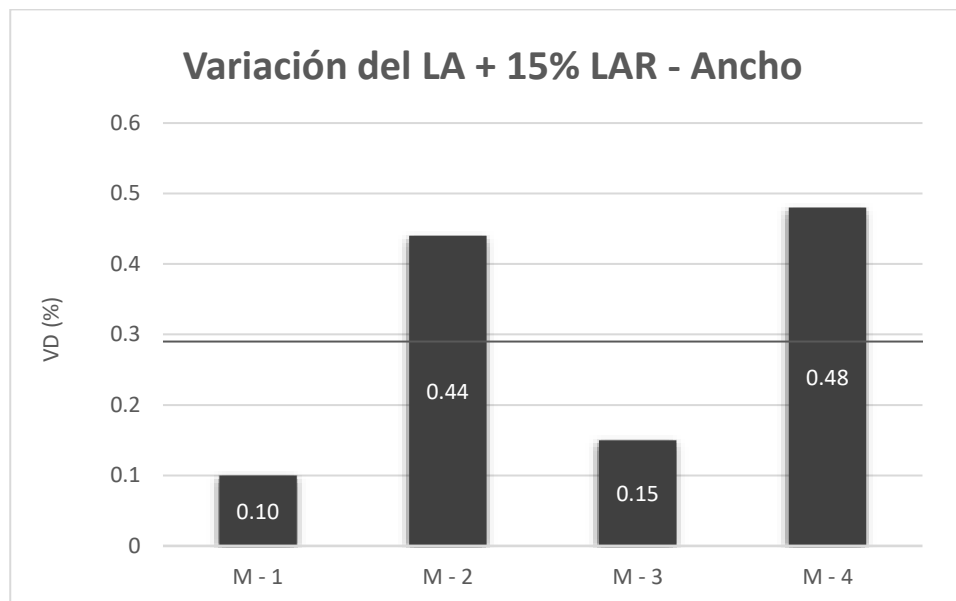
Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 15% LAR	12.08	11.93	12.02	11.92	11.99	0.10
M-2	LA + 15% LAR	12.01	11.79	12.11	11.88	11.95	0.44
M-3	LA + 15% LAR	11.95	12.03	11.9	12.05	11.98	0.15
M-4	LA + 15% LAR	11.86	12.01	11.87	12.03	11.94	0.48
Promedio de la variación							0.29

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 47

Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.10% para la muestra M-1, 0.44% para M-2, 0.15% para M-3 y 0.48% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Tabla 51

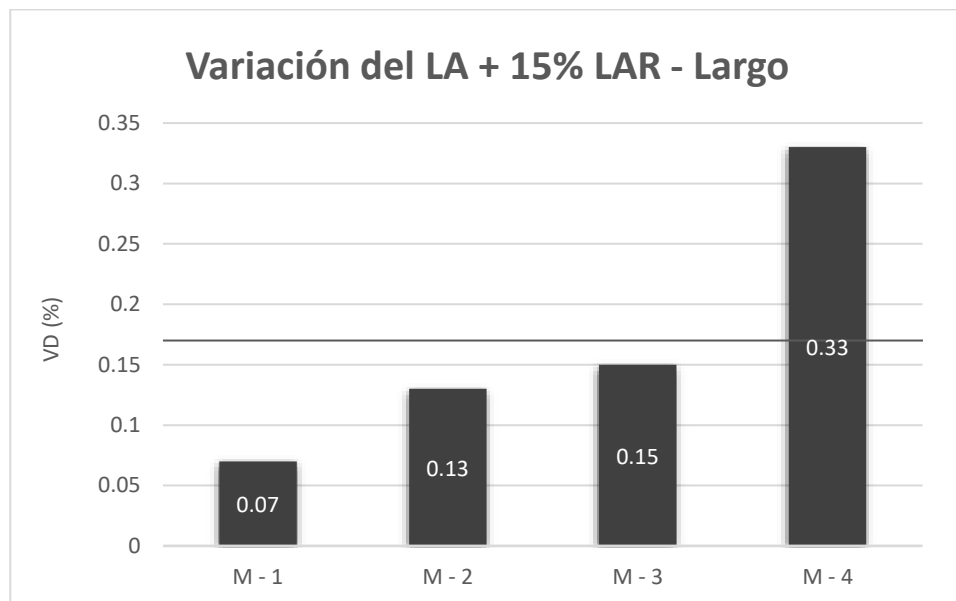
Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 15% LAR	23.85	24.09	24.05	23.94	23.98	0.07
M-2	LA + 15% LAR	24.06	23.80	23.96	24.06	23.97	0.13
M-3	LA + 15% LAR	24.01	24.06	23.84	23.95	23.97	0.15
M-4	LA + 15% LAR	23.84	23.78	24.04	24.02	23.92	0.33
Promedio de la variación							0.17

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 48

Ensayo de variación dimensional del LA + 15% LAR



El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.07% para la muestra M-1, 0.13% para M-2, 0.15% para M-3 y 0.33% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

c) Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR

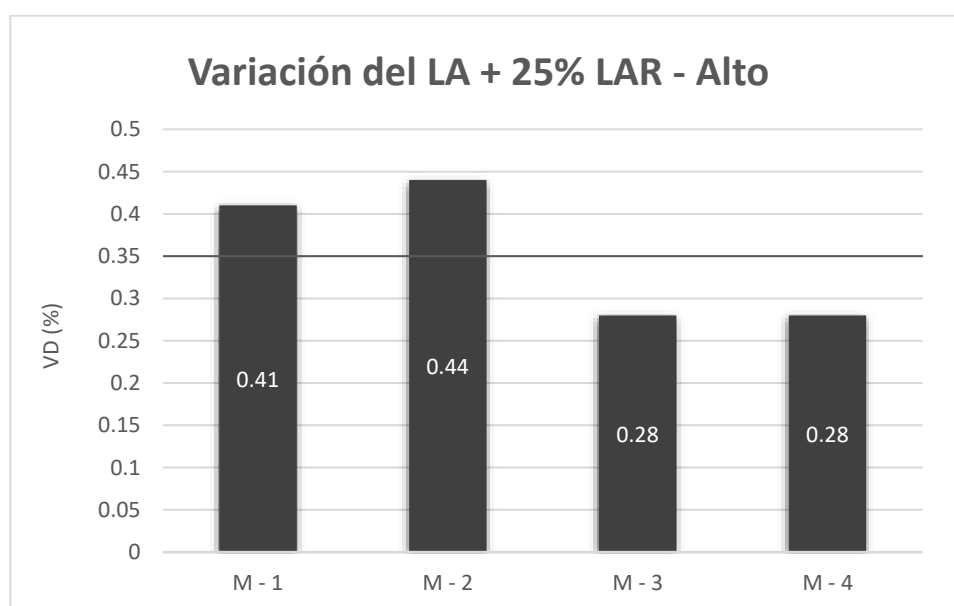
Tabla 52

Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 25% LAR	7.88	8.00	8.02	7.97	7.97	0.41
M-2	LA + 25% LAR	7.90	7.86	8.06	8.04	7.97	0.44
M-3	LA + 25% LAR	8.02	8.05	7.90	7.94	7.98	0.28
M-4	LA + 25% LAR	7.95	7.96	8.00	8.00	7.98	0.28
Promedio de la variación							0.35

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 49

Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.41% para la muestra M-1, 0.44% para M-2, 0.28% para M-3 y 0.28% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

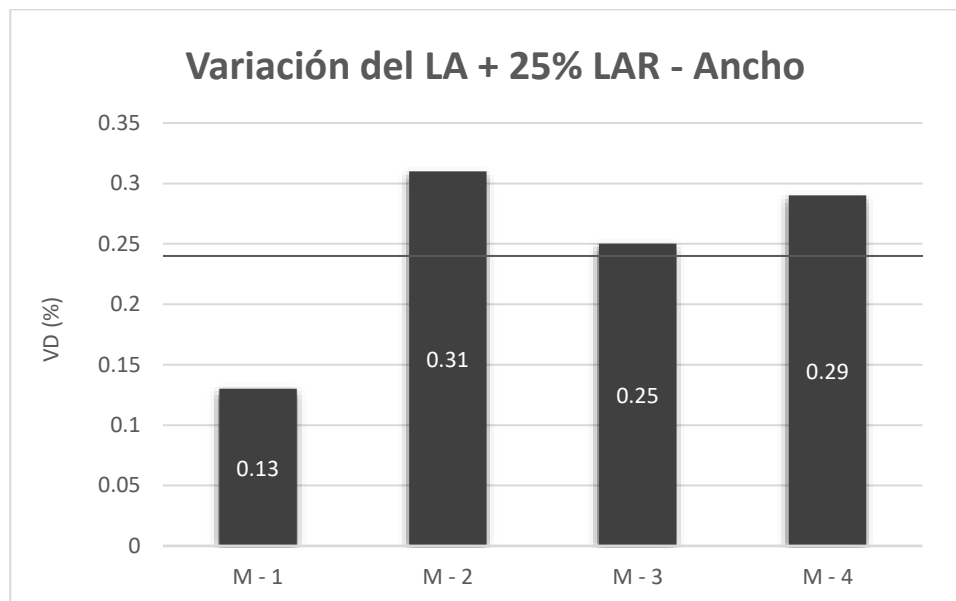
Tabla 53

Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 25% LAR	12.05	11.87	12.02	12.00	11.99	0.13
M-2	LA + 25% LAR	12.00	12.04	11.95	11.86	11.96	0.31
M-3	LA + 25% LAR	11.95	12.08	11.82	12.03	11.97	0.25
M-4	LA + 25% LAR	11.96	11.84	12.06	12.00	11.97	0.29
Promedio de la variación							0.24

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 50

Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.13% para la muestra M-1, 0.31% para M-2, 0.25% para M-3 y 0.29% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

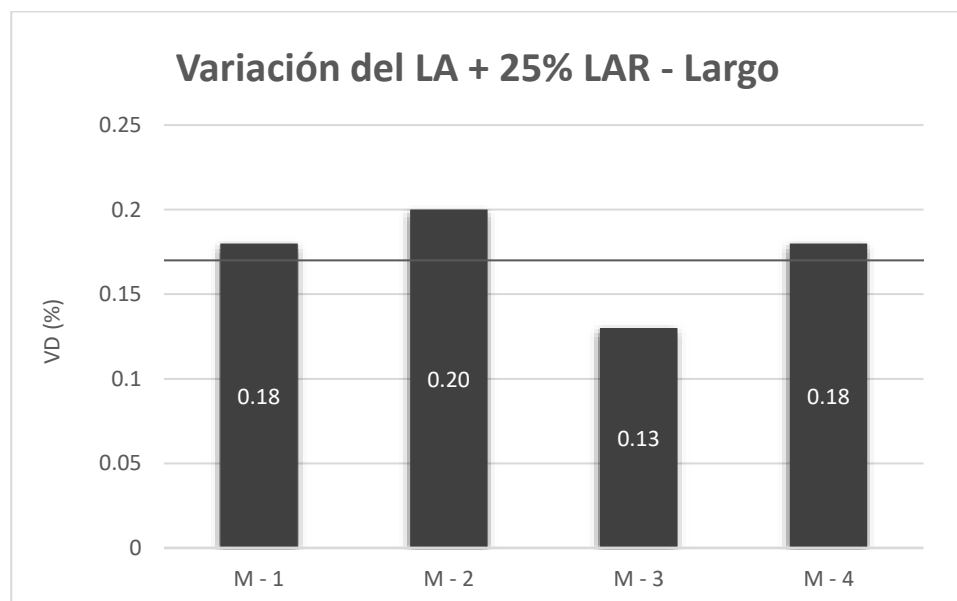
Tabla 54

Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	LA + 25% LAR	24.09	23.84	23.89	24.01	23.96	0.18
M-2	LA + 25% LAR	23.85	24.08	24.04	23.84	23.95	0.20
M-3	LA + 25% LAR	23.89	23.94	24.02	24.03	23.97	0.13
M-4	LA + 25% LAR	24.05	24.02	23.90	23.86	23.96	0.18
Promedio de la variación							0.17

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 51

Ensayo de variación dimensional del LA + 25% LAR

El examen detallado de las muestras de ladrillo artesanal evidenció discrepancias puntuales en sus dimensiones longitudinales. En este sentido, las variaciones porcentuales registradas correspondieron a 0.18% para la muestra M-1, 0.20% para M-2, 0.13% para M-3 y 0.18% para M-4, reflejando diferencias específicas en cada unidad analizada.

Ensayo alabeo del LA + 5% LAR**Tabla 55***Ensayo alabeo del LA + 5% LAR*

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	LA + 5% LAR	1.00	1.00	2.00	0.50
M-2	LA + 5% LAR	1.00	0.00	0.50	2.00
M-3	LA + 5% LAR	0.50	2.00	1.00	0.00
M-4	LA + 5% LAR	1.50	2.00	1.00	0.50
Promedio (mm)		1.00	1.25	1.13	0.75
Concavidad promedio (mm)			1.06		
Convexidad promedio (mm)			1.00		
Alabeo promedio (mm)			1.03		

En la tabla se muestra el alabeo del ladrillo con el empleo de lodo de aguas residuales al 5%, Donde se muestra el alabeo cóncavo promedio de 1.06 mm, mientras que el alabeo convexo promedio de 1.00 mm, con un alabeo promedio de 1.03 mm.

Tabla 56*Ensayo alabeo del LA + 15% LAR*

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	LA + 15% LAR	2.00	1.00	0.00	1.50
M-2	LA + 15% LAR	1.00	1.50	2.00	0.00
M-3	LA + 15% LAR	0.00	1.00	1.00	1.50
M-4	LA + 15% LAR	1.40	0.00	0.00	1.50
Promedio (mm)		1.10	0.88	0.75	1.13
Concavidad promedio (mm)			0.93		
Convexidad promedio (mm)			1.00		
Alabeo promedio (mm)			0.96		

En la tabla se muestra el alabeo del ladrillo con el empleo de lodo de aguas residuales al 15%, Donde se muestra el alabeo cóncavo promedio de 0.93 mm, mientras que el alabeo convexo promedio de 1.00 mm, con un alabeo promedio de 0.96 mm.

Tabla 57

Ensayo alabeo del LA + 25% LAR

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	LA + 25% LAR	1.00	2.00	0.00	1.00
M-2	LA + 25% LAR	1.00	0.00	1.00	0.50
M-3	LA + 25% LAR	0.40	1.00	0.00	2.40
M-4	LA + 25% LAR	1.00	0.00	2.20	0.00
Promedio (mm)		0.85	0.75	0.80	0.98
Concavidad promedio (mm)				0.83	
Convexidad promedio (mm)				0.86	
Alabeo promedio (mm)				0.84	

En la tabla se muestra el alabeo del ladrillo con el empleo de lodo de aguas residuales al 25%, Donde se muestra el alabeo cóncavo promedio de 0.83 mm, mientras que el alabeo convexo promedio de 0.86 mm, con un alabeo promedio de 0.84 mm.

4.1.3. Resultados sobre la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales sobre las propiedades mecánicas del ladrillo

a) Resistencia del LA + 4% de Tereftalato de polietileno

Tabla 58

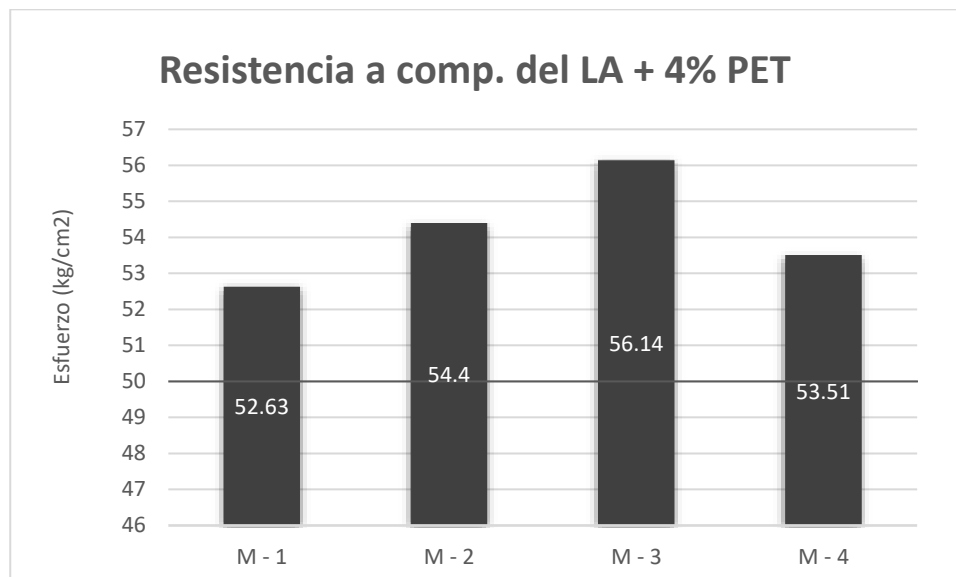
Resistencias del ladrillo + 4% PET

Muestras	Descripción de la muestra	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esf. de Rotura kg/cm ²
M - 1	LA + 4% PET	288.00	15158.00	52.63
M - 2	LA + 4% PET		15667.00	54.40
M - 3	LA + 4% PET		16167.00	56.14
M - 4	LA + 4% PET		15412.00	53.51
Promedio (F'b) kg/cm²				54.17
Desv. Estándar				1.50
F'b corregido				52.67

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 52

Resistencias del ladrillo + 4% PET



En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal con la adición de 4% de PET, evidenciando un valor promedio de resistencia de 52.67 kg/cm². Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

b) Resistencia del LA + 6% de tereftalato de polietileno

Tabla 59

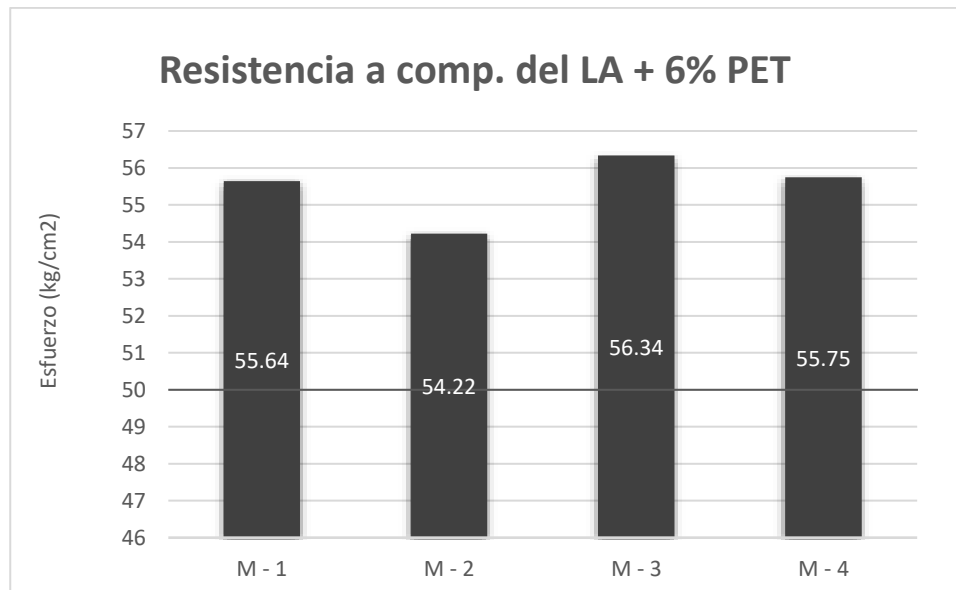
Resistencias del ladrillo + 6% PET

Muestras	Descripción de la muestra	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esf. de Rotura kg/cm ²
M - 1	LA + 6% PET	288.00	16024.00	55.64
M - 2	LA + 6% PET		15614.00	54.22
M - 3	LA + 6% PET		16226.00	56.34
M - 4	LA + 6% PET		16056.00	55.75
Promedio (F[']b) kg/cm²				55.49
Desv. Estándar				0.90
F[']b corregido				54.58

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 53

Resistencias del ladrillo + 6% PET



En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal con la adición de 6% de PET, evidenciando un valor promedio de resistencia de 54.58 kg/cm². Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

c) Resistencia del LA + 8% de Tereftalato de polietileno

Tabla 60

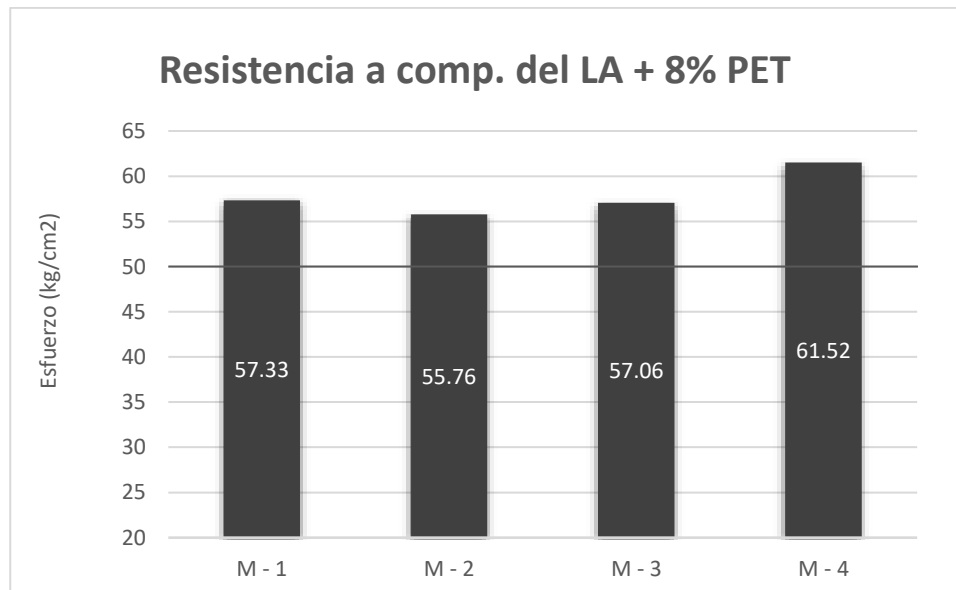
Resistencias del ladrillo + 8% PET

Muestras	Descripción de la muestra	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esf. de Rotura kg/cm ²
M - 1	LA + 8% PET	288.00	16510.00	57.33
M - 2	LA + 8% PET		16060.00	55.76
M - 3	LA + 8% PET		16433.00	57.06
M - 4	LA + 8% PET		17718.00	61.52
Promedio (F[']b) kg/cm²				57.92
Desv. Estándar				2.50
F[']b corregido				55.42

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 54

Resistencias del ladrillo + 8% PET



En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal con la adición de 8% de PET, evidenciando un valor promedio de resistencia de 55.42 kg/cm². Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

4.1.3.1. Ladrillo con la adición de lodo de aguas residuales (LAR)

✚ Resistencia del LA + 5% de lodo de aguas residuales

Tabla 61

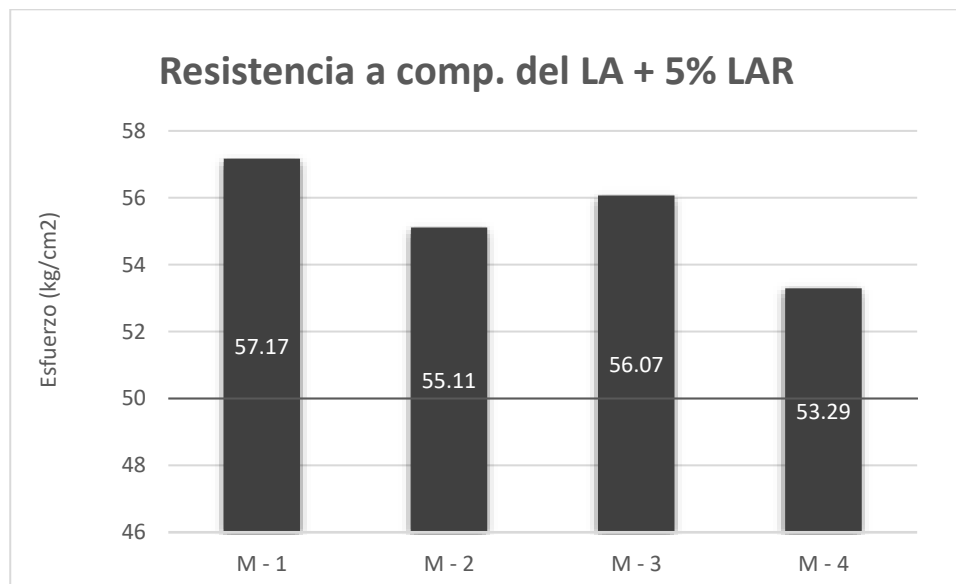
Resistencias del ladrillo + 5% LAR

Muestras	Descripción de la muestra	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esf. de Rotura kg/cm ²
M - 1	LA + 5% LAR	288.00	16464.00	57.17
M - 2	LA + 5% LAR		15872.00	55.11
M - 3	LA + 5% LAR		16148.00	56.07
M - 4	LA + 5% LAR		15348.00	53.29
Promedio (F' b) kg/cm²				55.41
Desv. Estándar				1.64
F' b corregido				53.77

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 55

Resistencias del ladrillo + 5% LAR

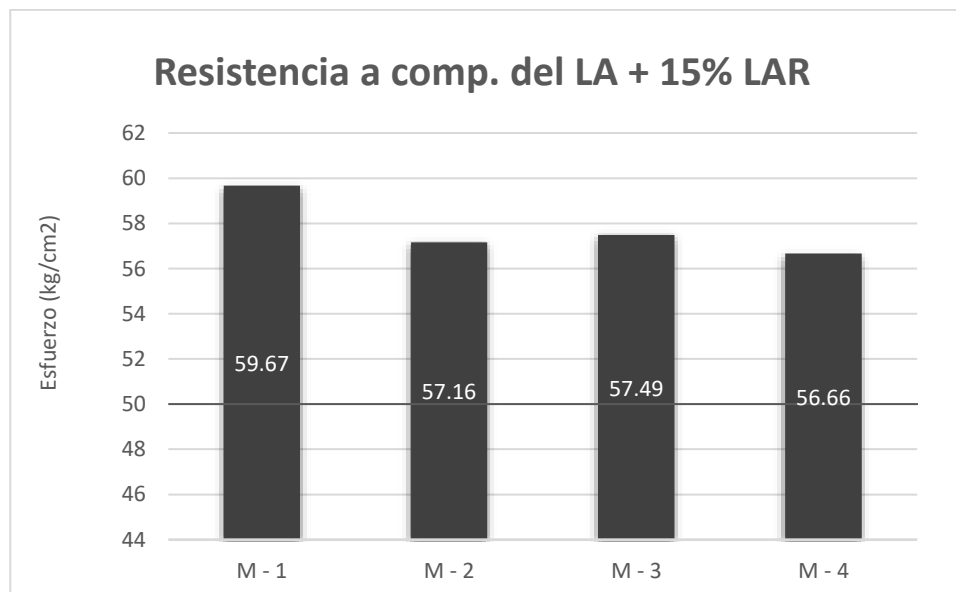


En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal con la adición de 5% de LAR, evidenciando un valor promedio de resistencia de 53.77 kg/cm². Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

Resistencia del LA + 15% de lodo de aguas residuales**Tabla 62***Resistencias del ladrillo + 15% LAR*

Muestras	Descripción de la muestra	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esf. de Rotura kg/cm ²
M - 1	LA + 15% LAR	288.00	17184.00	59.67
M - 2	LA + 15% LAR		16462.00	57.16
M - 3	LA + 15% LAR		16557.00	57.49
M - 4	LA + 15% LAR		16318.00	56.66
Promedio (F[']b) kg/cm²				57.74
Desv. Estándar				1.33
F[']b corregido				56.42

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 56*Resistencias del ladrillo + 15% LAR*

En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal con la adición de 15% de LAR, evidenciando un valor promedio de resistencia de 56.42 kg/cm². Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

Resistencia del LA + 25% de lodo de aguas residuales

Tabla 63

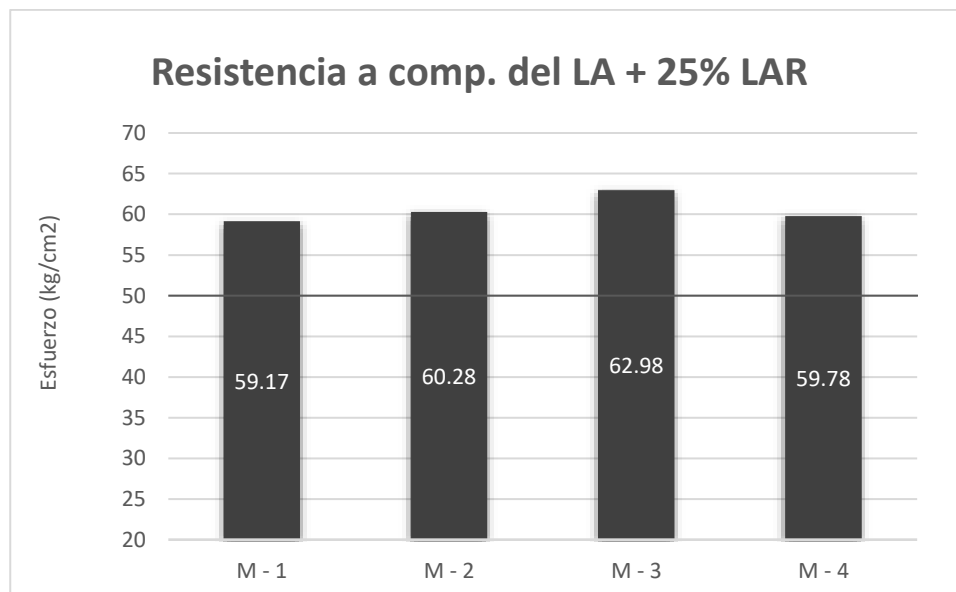
Resistencias del ladrillo + 25% LAR

Muestras	Descripción de la muestra	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esf. de Rotura kg/cm ²
M - 1	LA + 25% LAR	288.00	17040.00	59.17
M - 2	LA + 25% LAR		17360.00	60.28
M - 3	LA + 25% LAR		18138.00	62.98
M - 4	LA + 25% LAR		17218.00	59.78
Promedio (F[']b) kg/cm²				60.55
Desv. Estándar				1.68
F[']b corregido				58.87

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 57

Resistencias del ladrillo + 25% LAR



En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal con la adición de 25% de LAR, evidenciando un valor promedio de resistencia de 58.87 kg/cm². Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

4.1.4. Comparativos de resultados obtenidos

4.1.4.1. Comparativo de resultado del ensayo de absorción

🚧 Ladrillo artesanal + % tereftalato de polietileno

Tabla 64

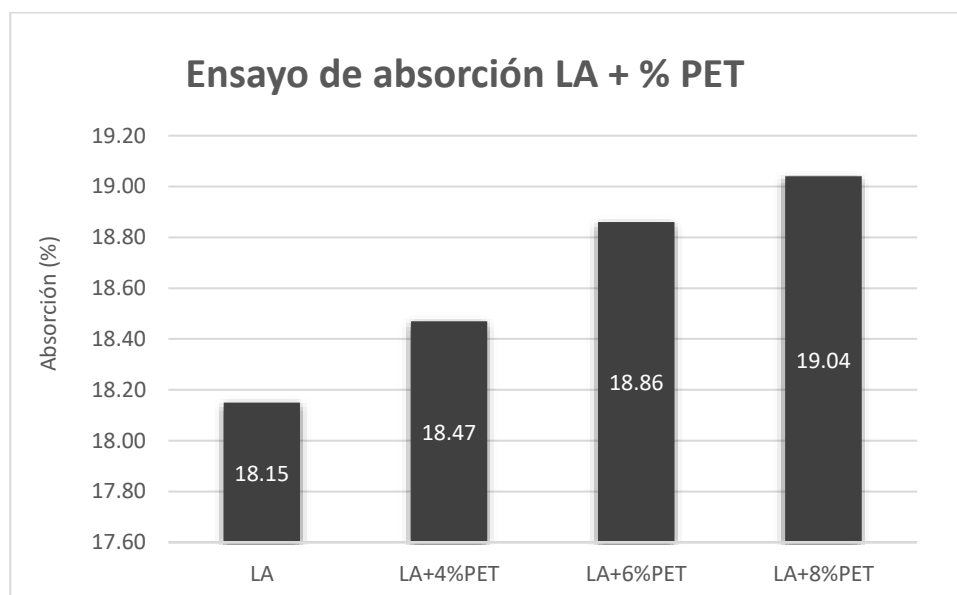
Comparativo de la absorción del ladrillo + % PET

Ensayo de absorción	
Muestra	% Absorción
LA	18.15
LA + 4% PET	18.47
LA + 6% PET	18.86
LA + 8% PET	19.04

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 58

Comparativo de la absorción del ladrillo + % PET



En la figura se comparan los resultados del ensayo de absorción del ladrillo para los distintos porcentajes de tereftalato de polietileno adicionados. Los datos evidencian un notable incremento en la capacidad de absorción en comparación con la muestra de referencia, destacando los efectos del material añadido sobre las propiedades analizadas.

🚧 Ladrillo artesanal + % de lodo de aguas residuales

Tabla 65

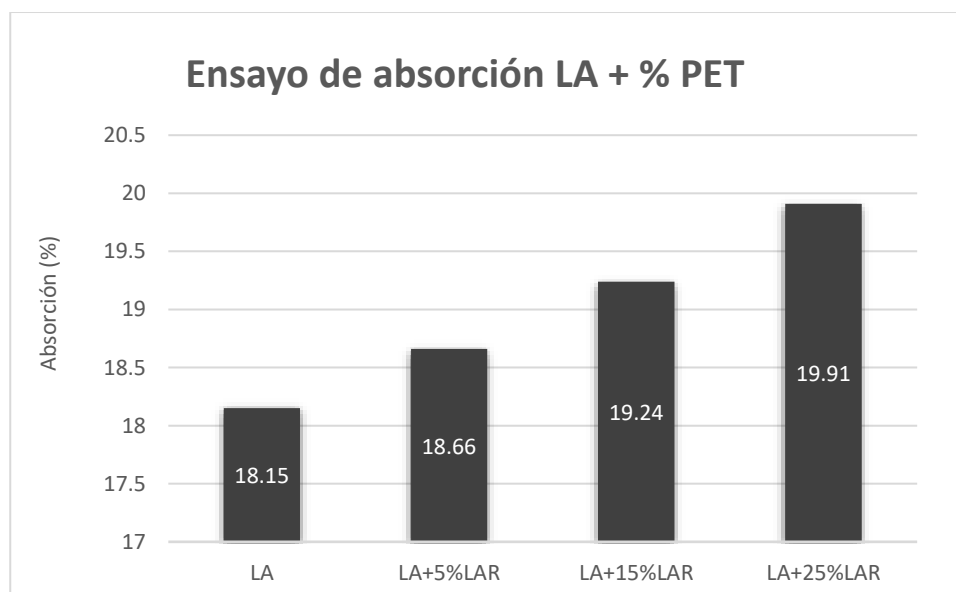
Comparativo de la absorción del ladrillo + % LAR

Ensayo de absorción	
Muestra	% Absorción
LA	18.15
LA + 5% LAR	18.66
LA + 15% LAR	19.24
LA + 25% LAR	19.91

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 59

Comparativo de la absorción del ladrillo + % LAR



En la figura se comparan los resultados del ensayo de absorción del ladrillo para los distintos porcentajes de lodo de aguas residuales adicionados. Los datos evidencian un notable incremento en la capacidad de absorción en comparación con la muestra de referencia, destacando los efectos del material añadido sobre las propiedades analizadas.

4.1.4.2. Comparativo de resultado del ensayo de succión

🚧 Ladrillo artesanal + % tereftalato de polietileno

Tabla 66

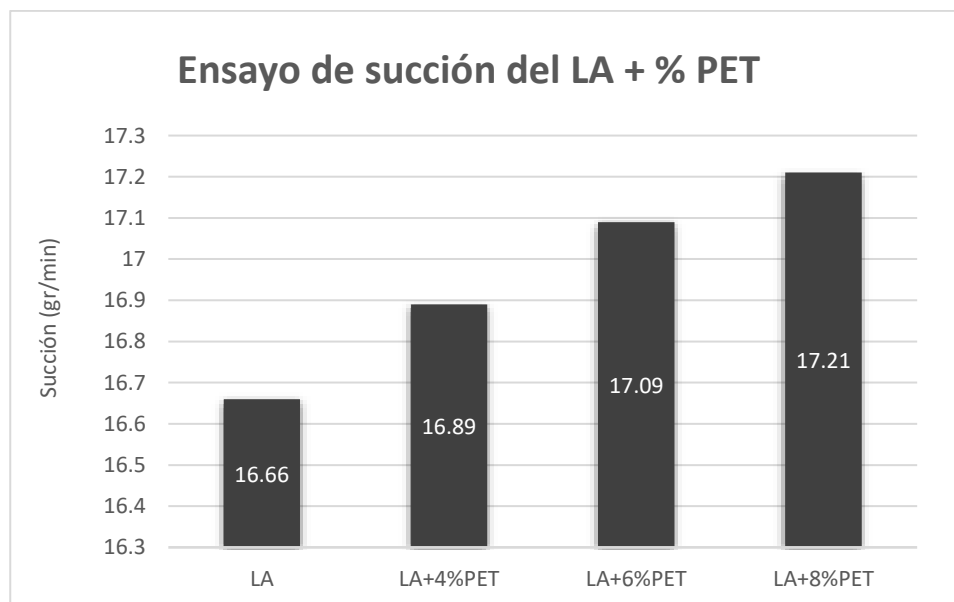
Comparativo de la succión del ladrillo + % PET

Ensayo de succión	
Muestra	Succión (gr/min)
LA	16.66
LA + 4% PET	16.89
LA + 6% PET	17.09
LA + 8% PET	17.21

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 60

Comparativo de la succión del ladrillo + % PET

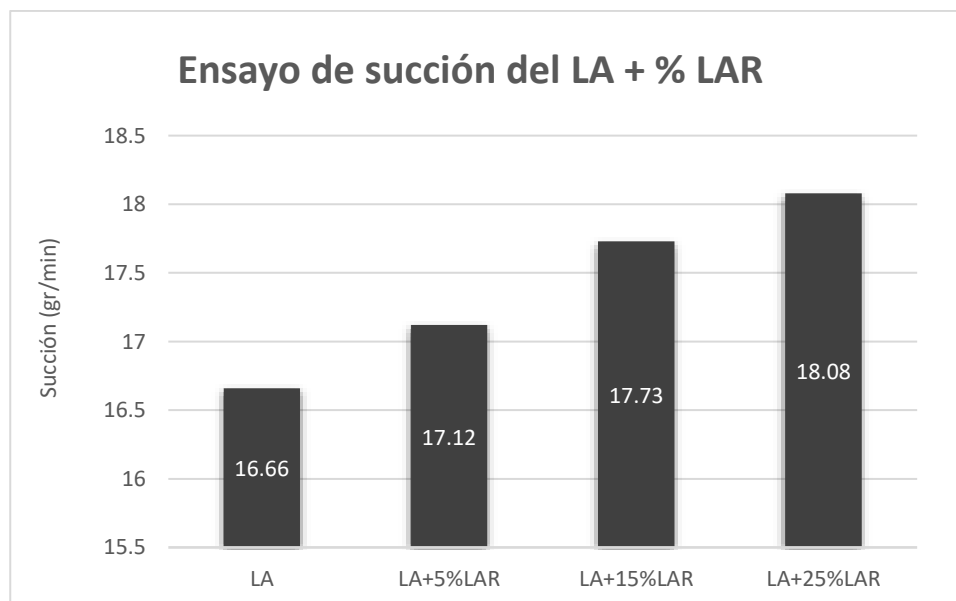


En la figura se comparan los resultados del ensayo de succión del ladrillo para los distintos porcentajes de tereftalato de polietileno adicionados. Los datos evidencian un notable incremento en la capacidad de succión en comparación con la muestra de referencia, destacando los efectos del material añadido sobre las propiedades analizadas.

🚧 Ladrillo artesanal + % de lodo de aguas residuales**Tabla 67***Comparativo de la succión del ladrillo + % LAR*

Ensayo de succión	
Muestra	Succión (gr/min)
LA	16.66
LA + 5% LAR	17.12
LA + 15% LAR	17.73
LA + 25% LAR	18.08

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 61*Comparativo de la succión del ladrillo + % LAR*

En la figura se comparan los resultados del ensayo de succión del ladrillo para los distintos porcentajes de tereftalato de polietileno adicionados. Los datos evidencian un notable incremento en la capacidad de succión en comparación con la muestra de referencia, destacando los efectos del material añadido sobre las propiedades analizadas.

4.1.4.3. Comparativo de resultados de la variación dimensional

🚧 Ladrillo artesanal + % de tereftalato de polietileno

Tabla 68

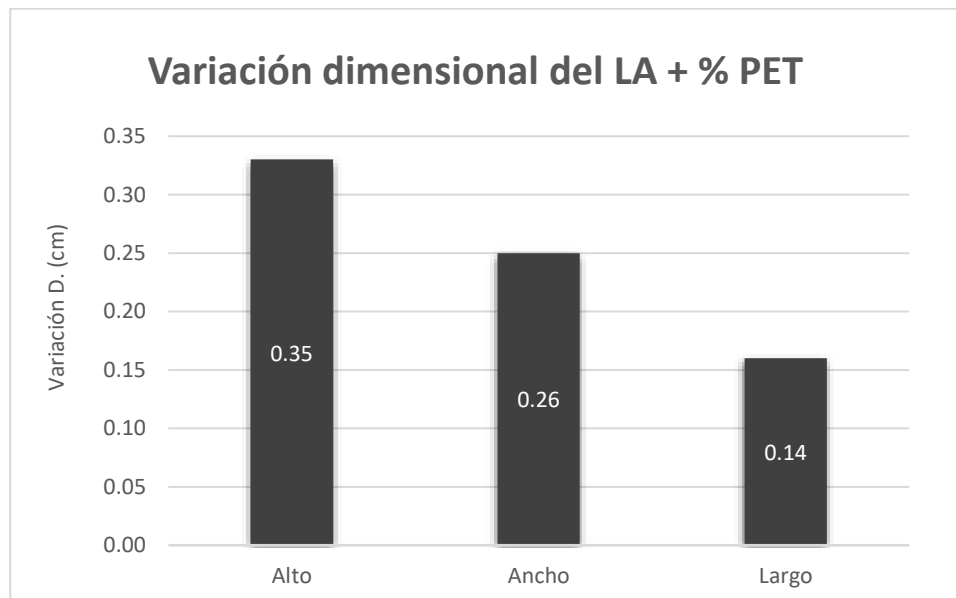
Comparativo de la variación dimensional del ladrillo + % PET

Muestra	Variación dimensional (%)		
	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
LA	0.83	0.68	0.43
LA + 4% PET	0.39	0.29	0.12
LA + 6% PET	0.31	0.27	0.14
LA + 8% PET	0.36	0.21	0.15
Promedio	0.35	0.26	0.14

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 62

Comparativo de la variación dimensional del ladrillo + % PET



La figura presenta un análisis de las modificaciones dimensionales en los ladrillos artesanales al incorporar diferentes proporciones de tereftalato de polietileno. Se observan cambios específicos en sus dimensiones de alto, ancho y largo, lo que refleja el impacto del material añadido en sus características físicas.

🚧 Ladrillo artesanal + % de lodo de aguas residuales

Tabla 69

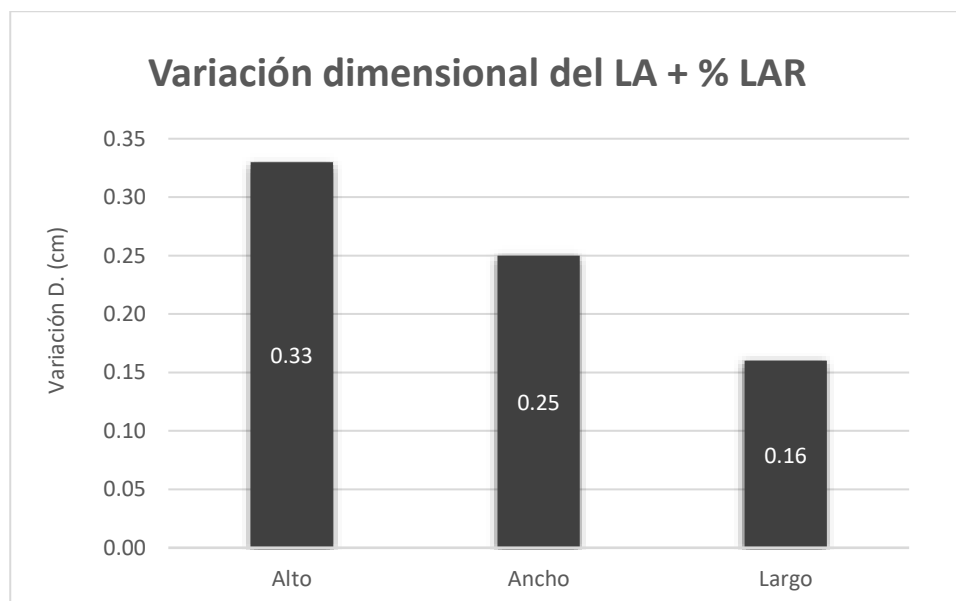
Comparativo de la variación dimensional del ladrillo + % LAR

Muestra	Variación dimensional (%)		
	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
LA	0.83	0.68	0.43
LA + 5% LAR	0.34	0.22	0.15
LA + 15% LAR	0.31	0.29	0.17
LA + 25% LAR	0.35	0.24	0.17
Promedio	0.33	0.25	0.16

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 63

Comparativo de la variación dimensional del ladrillo + % LAR



La figura presenta un análisis de las modificaciones dimensionales en los ladrillos artesanales al incorporar diferentes proporciones de lodo de aguas residuales. Se observan cambios específicos en sus dimensiones de alto, ancho y largo, lo que refleja el impacto del material añadido en sus características físicas.

4.1.4.4. Comparativo de resultados del ensayo de alabeo

🚩 Ladrillo artesanal + % tereftalato de polietileno

Tabla 70

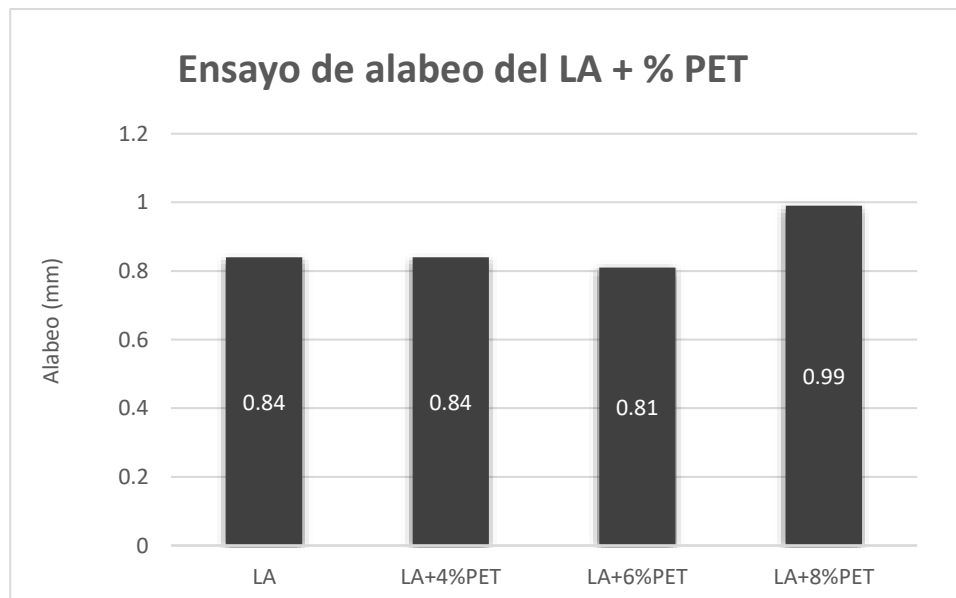
Comparativo del ensayo de alabeo del ladrillo + % PET

Ensayo de alabeo	
Muestra	Alabeo (mm)
LA	0.84
LA + 4% PET	0.84
LA + 6% PET	0.81
LA + 8% PET	0.99

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 64

Comparativo del ensayo de alabeo del ladrillo + % PET



La figura ilustra un análisis comparativo del alabeo en los ladrillos artesanales al incorporar distintas proporciones de tereftalato de polietileno. Los resultados reflejan cómo varían las deformaciones en la estructura de los ladrillos debido a este material añadido.

🚧 Ladrillo artesanal + % de lodo de aguas residuales

Tabla 71

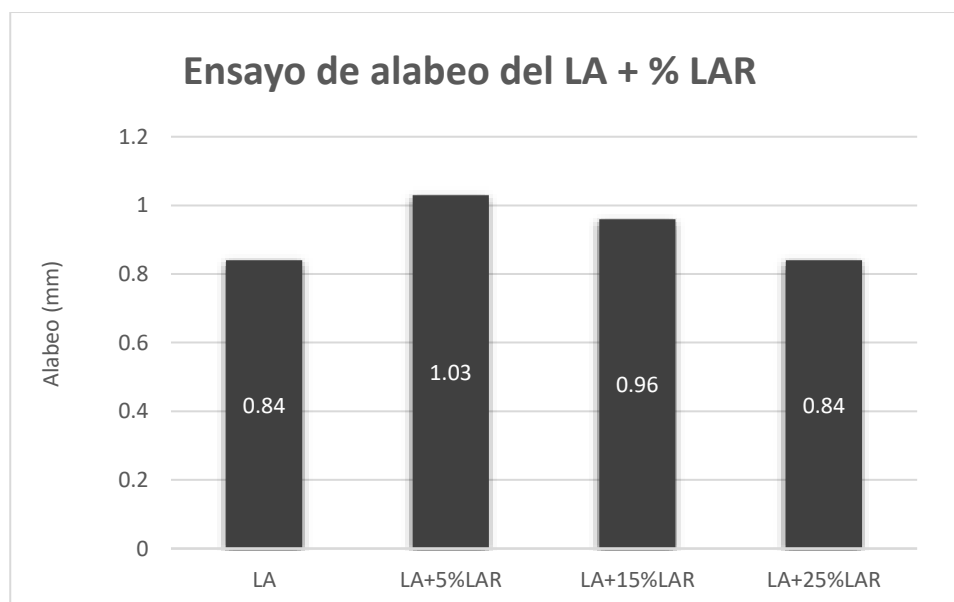
Comparativo del ensayo de alabeo del ladrillo + % LAR

Ensayo de alabeo	
Muestra	Alabeo (mm)
LA	0.84
LA + 5% LAR	1.03
LA + 15% LAR	0.96
LA + 25% LAR	0.84

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 65

Comparativo del ensayo de alabeo del ladrillo + % LAR



La figura ilustra un análisis comparativo del alabeo en los ladrillos artesanales al incorporar distintas proporciones de lodo de aguas residuales. Los resultados reflejan cómo varían las deformaciones en la estructura de los ladrillos debido a este material añadido.

4.1.4.5. Comparativo de resistencias a la compresión de LA, +%PET y +%LAR

a) Ladrillo artesanal + % PET

Tabla 72

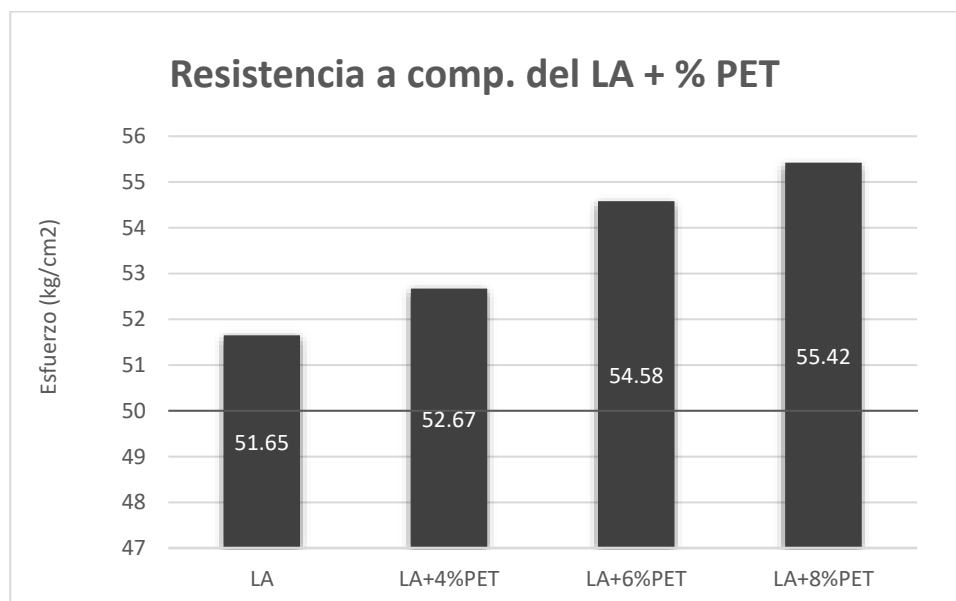
Resistencias obtenidas del LA + % PET

Resistencia a compresión	
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)
LA	51.65
LA + 4% PET	52.67
LA + 6% PET	54.58
LA + 8% PET	55.42

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 66

Resistencias obtenidas del LA + % PET



En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal con la adición de tereftalato de polietileno, evidenciando un incremento notable en la resistencia a compresión. Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

b) Ladrillo artesanal + % LAR

Tabla 73

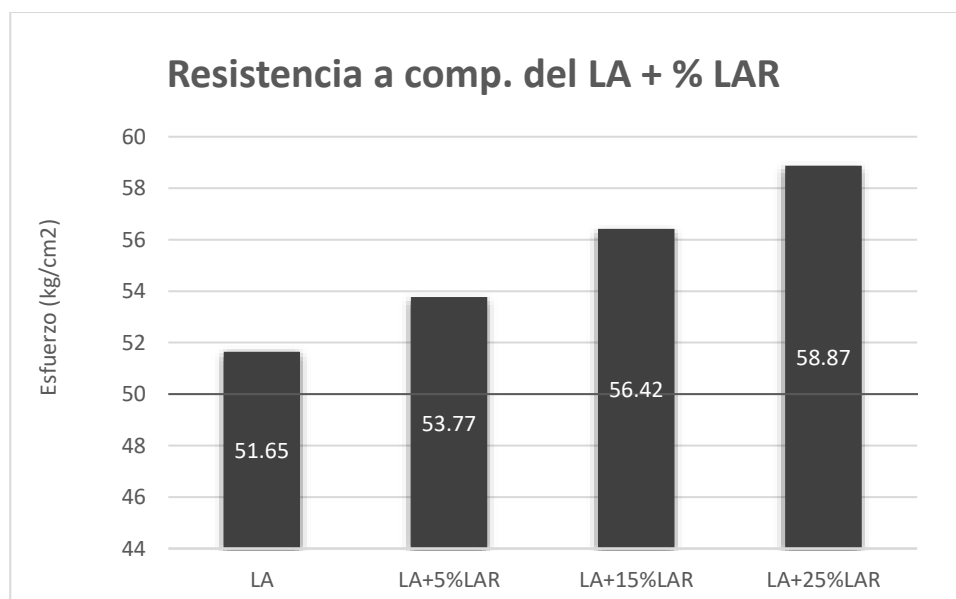
Resistencias obtenidas del LA + % LAR

Resistencia a compresión	
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)
LA	51.65
LA + 5% LAR	53.77
LA + 15% LAR	56.42
LA + 25% LAR	58.87

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

Figura 67

Resistencias obtenidas del LA + % LAR



En el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión aplicado al ladrillo artesanal con la adición de lodo de aguas residuales, evidenciando un incremento notable en la resistencia a compresión. Este resultado supera marginalmente el valor mínimo exigido por la normativa vigente, establecido en 50 kg/cm², lo cual indica que el material cumple con los requisitos estructurales básicos para su uso en obra.

4.1.4.6. Clasificación del ladrillo luego de la evaluación realizada

Tabla 74

Clasificación del ladrillo

Clasificación del ladrillo			
Ensayos realizados	Ladrillo artesanal	Ladrillera Juancito Puma	Ladrillos artesanales Condori
Absorción	No cumple	Si cumple	Si cumple
Succión	No cumple	Si cumple	Si cumple
Variación dimensional	No cumple	Si cumple	Si cumple
Alabeo	No cumple	Si cumple	Si cumple
Resistencia a compresión	No cumple	Si cumple	Si cumple

Se realizó un análisis comparativo entre los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco y aquellos fabricados con la adición de tereftalato de polietileno (PET) y lodo de aguas residuales, sometiéndolos a ensayos físicos y mecánicos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 331.017 y en los procedimientos de la NTP 399.613 "Métodos de ensayo para ladrillos de arcilla". Las pruebas incluyeron resistencia a la compresión, absorción de agua y variación dimensional. Los resultados evidenciaron que los ladrillos de la "Ladrillera Juancito Poma" y "Ladrillos Artesanales Condori" alcanzaron la categoría de buena calidad, cumpliendo plenamente con los requisitos normativos, mientras que los ladrillos tradicionales del distrito de Taraco fueron clasificados como de calidad regular, ajustándose solo de manera mínima a los parámetros establecidos.

4.2. Discusión de Resultados

En la presente investigación se determinó que la incorporación de lodo de aguas residuales mejora las propiedades físico mecánicas de los ladrillos artesanales sólidos, donde la adición óptima de lodo en la mezcla es de 5% y 10% donde se obtuvieron valores que cumplen con lo indicado por la Norma E.070, mientras que la adición de lodo en porcentajes mayores al 10% presentan una disminución en las propiedades estructurales. Al respecto Chura (2021) citado como antecedente nacional, llega a la conclusión que el porcentaje óptimo de adición de lodo al ladrillo macizo artesanal es del 20% de lodo orgánico, alcanzando una resistencia a la compresión de 60.42 kg/cm². Asimismo, Bazán (2022) citado como antecedente internacional llega a la conclusión que los ladrillos que tienen incorporado lodo en 5% de lodo de planta de tratamiento de aguas residuales presentan mejores resultados en las resistencias mecánica que tiene un valor de 2.82 MPa (28.76 kg/cm²) incrementándose en un 23% al ladrillo artesanal patrón que tiene una resistencia a la compresión de 2.29 MPa (23.35 kg/cm²), concluyendo que el lodo residual es factible su utilización en la elaboración de ladrillo por ende en la rama de las edificaciones no estructurales. Al comparar los resultados se puede concluir en que la incorporación de lodo de aguas residuales en porcentajes menores o iguales a 10% (5% a 10%) mejoran de alguna manera las propiedades físico mecánicas en los ladrillos artesanales.

En la presente investigación la incorporación de lodo de aguas residuales en los ladrillos artesanales sólidos mejoran en algunos de las propiedades físicas de los ladrillos artesanales en la ciudad de Puno, tal es el caso en el ladrillo que tiene incorporado 5% de lodo de aguas residuales en su mezcla, mejorando en la densidad de la M-02 (5%) con 1.56 gr/cm², la absorción en la M-02 (5%) con 20.59% y la absorción máxima de la M-02 (5%) con 24.88% en relación al ladrillo patrón M-01 (0%), mientras en la variación dimensional se tiene una variación mayor en su largo del ladrillo, respecto al alabeo no tienen variación significativa 104 a cualquier porcentaje de adición de lodo y finalmente la



succión se incrementa a mayor porcentaje de lodo superando ampliamente el máximo recomendado de 20 gr/(200cm²-min) siendo el más menor de la M-01 (0%) con 41.07 gr/(200cm²-min). Al respecto Bazán (2022) citado como antecedente nacional llegó a la conclusión que el porcentaje óptimo de adición de biosólido es de 10%, donde la variación dimensional se incrementa a mayor porcentaje de adición de biosólido en su largo, ancho y altura mientras que el alabeo es el mismo para cualquier porcentaje de adición de biosólido. La absorción es de 22% clasificándose como ladrillo Tipo III.

En la presente investigación la incorporación lodo de aguas residuales mejora en algunas de las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales en la ciudad de Puno, es decir con incorporación de lodo en porcentajes menores al 10% la resistencia mecánica mejora y/o mantiene las propiedades mecánicas respecto al ladrillo patrón. Tal es el caso de la resistencia a la compresión axial para incorporación de lodo en 0%, 5% y 10% se tiene 55.67 kg/cm², 53.8 kg/cm² y 55.6 kg/cm² respectivamente donde las tres muestras superan el mínimo indicado por la E.070 (50.0 kg/cm²). En la resistencia a la compresión uniaxial (pilas) se mejoró con relación al ladrillo patrón M-01 (0%), M-02 (5%) y M-03 (10%) con 27.04 kg/cm², 28.63 kg/cm² y 30.33 kg/cm² respectivamente, finalmente la resistencia a la tracción también se mejoró los valores en la M-01 (0%), M-02 (5%) y M-03 (10%) con 8.92, 12.11 y 8.98 kg/cm² respectivamente. 105 Estos resultados guardan relación con Peralta (2018) citado como antecedente internacional, donde la resistencia a la compresión más alta es 131.00 kg/cm² que tiene adición de lodo en 5% superando lo indicado por la NTE-INEN 297, para ladrillo Tipo C con 80 kg/cm² superando la resistencia mecánica del ladrillo patrón (0% de lodo) con 76.3 kg/cm², mientras que los ladrillos con 10% y 20% de lodo no cumplen con el valor mínimo establecido por la norma NTE-INEN 297 para ladrillo Tipo C (80 kg/cm²).



CONCLUSIONES

General, la elaboración de ladrillos artesanales con la adición de tereftalato de polietileno (PET) y lodo de aguas residuales (LAR) permitió mejorar tanto las propiedades físicas como mecánicas del ladrillo. Las adiciones de estos residuos favorecieron el incremento de la absorción y succión sin comprometer la estabilidad dimensional, manteniéndose los valores de alabeo dentro de los límites aceptables. Asimismo, se evidenció un aumento significativo en la resistencia a la compresión, superando los requisitos mínimos establecidos por la normativa E-070, lo que confirma la viabilidad técnica de utilizar estos residuos como insumos alternativos en la fabricación de ladrillos.

Primera, los ladrillos elaborados en el distrito de Taraco presentan características físicas distintivas con una textura rugosa y una coloración naranja. anaranjada, propias de su proceso de fabricación artesanal. Desde el punto de vista técnico, estos ladrillos mostraron un desempeño que se ajusta a lo establecido por la normativa E-070. La absorción del ladrillo alcanzó un valor promedio de 18.15%, la succión del ladrillo alcanzó un valor promedio de 16.66 gr/min, y una variabilidad en sus dimensiones. El ensayo de alabeo del ladrillo alcanzó un alabeo promedio de 0.84 mm, mientras que la resistencia a compresión del ladrillo alcanzó un valor medio de 50.22 kg/cm², superando el límite mínimo normativo.

Segunda, la adición de tereftalato de polietileno (PET) en proporciones de 4%, 6% y 8% en la fabricación del ladrillo artesanal genera un efecto positivo en sus propiedades físicas, especialmente en términos de absorción y succión. A medida que aumenta el porcentaje de PET, se registra un incremento en la absorción, alcanzando un valor máximo de 19.04% con el 8% de adición. De igual forma, la succión llega a 17.21 gr/min en dicha proporción, mientras que las deformaciones por alabeo se mantienen por debajo del 1 mm. Asimismo, el uso de lodo de aguas residuales (LAR) en proporciones de 5%, 15% y 25% también demuestra una mejora en las propiedades del ladrillo. La absorción se incrementa hasta llegar a 19.91% con la adición de 25% de LAR, y la succión alcanza un valor de 18.08



gr/min en esa misma proporción. En cuanto al alabeo, las variaciones se mantuvieron controladas, con valores inferiores a 1.05 mm, indicando una respuesta dimensional favorable frente a las adiciones aplicadas.

Tercera, la adición de tereftalato de polietileno (PET) en proporciones de 4%, 6% y 8% genera un incremento progresivo en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal, alcanzando valores de 52.67, 54.58 y 55.42 kg/cm² respectivamente. De manera similar, al emplear lodo de aguas residuales (LAR) en proporciones de 5%, 15% y 25%, se evidenció también una mejora significativa en dicha propiedad, registrando resistencias de 53.77, 56.42 y 58.87 kg/cm², lo que confirma el efecto reforzante de ambos aditivos sobre el comportamiento mecánico del ladrillo.



RECOMENDACIONES

Primera, para futuras investigaciones orientadas a la elaboración de ladrillos artesanales con adición de materiales alternativos, se recomienda considerar un análisis integral del suelo para asegurar su idoneidad granulométrica, promuevan el uso del PET reciclado como aporte ambientalmente responsable y evalúen rigurosamente la seguridad sanitaria del uso de lodos de aguas residuales, asegurando la eliminación de agentes patógenos resistentes a altas temperaturas que podrían representar un riesgo a largo plazo.

Segunda, para futuras líneas de investigación se recomienda; que en la elaboración de ladrillos artesanales se realice un análisis más profundo del comportamiento granulométrico de los suelos, como es el caso de la Ladrillera Yucra, cuyo exceso de finos, y un elevado índice de plasticidad la volvieron no apto para su uso directo en la elaboración de ladrillos artesanales.

Tercera, se recomienda que se incentive el uso de PET reciclado en la fabricación de ladrillos artesanales como una estrategia efectiva para contribuir a la disminución de residuos plásticos en el medio ambiente; ya que, el PET es uno de los principales contaminantes debido a su lenta degradación y su presencia masiva en ríos, suelos y áreas urbanas, además realizar estudios de impacto ambiental por el quemado de plásticos.

Cuarta, se recomienda a futuros investigadores, estudiar la incorporación de lodos de aguas residuales en la fabricación de ladrillos artesanales, se priorice la evaluación de la eliminación completa de agentes patógenos, ya que en estos lodos pueden encontrarse bacterias como; termófilas e hipertermófilas, capaces de resistir temperaturas elevadas; ya que, podría existir el riesgo de que algunos microorganismos sobrevivan, lo que podría representar un riesgo sanitario latente a largo plazo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar, A., & Alcantara, K. (2022). *Efecto del tereftalato de polietileno en la resistencia a la compresión de ladrillos King Kong artesanales en viviendas, Tumbes, 2022*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Aguilar_CAG-Alcantara_GKB-SD.pdf
- Al-Mashaqbeh et al. (2020). *Evaluación del lodo de aguas residuales como material de construcción y su impacto ambiental*. Environmental Science and Pollution Research. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07058-w>
- Bartra, E., & Chumbe, M. (2023). *Mejora de ladrillo artesanal con PET y viruta de madera para aumentar su resistencia y disminuir la temperatura en viviendas*. Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Bartra_PEH-Chumbe_PMA-SD.pdf
- Bazán, L. (2022). *Elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca*. Chiclayo - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102953/Baz%C3%A1n_EL-SD.pdf?sequence=1
- Cabrales et al. (2020). *Caracterización física y química de lodos residuales de la cantera El Cacao*. Cuba: Instituto Superior Minero Metalúrgico de moa. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v34n4/mg03418.pdf>
- Calli, L., & Fernandez, J. (2024). *Caracterización del ladrillo ecológico con material reciclable PET y plástico para construcción sostenible en distrito de Amantani, Puno, 2022*. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14750/4/IV_FIN_107_TE_Ccalli_Fernandez_2024.pdf



- Callister, W., & Rethwisch, D. (2012). *Ciencia e ingeniería de materiales*. Reverté.
Obtenido de <https://www.reverte.com/media/reverte/files/book-attachment-2717.pdf>
- Camargo, L., & Yambay, B. (2020). *Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe*. Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/29d0a7c6-2b19-424c-8cdb-20bd141b1fd1/content>
- Carbajal, F. (2020). *Ladrillos artesanales*. Obtenido de <https://www.un-page.org/static/400b881072c2c24a82537cb0853d9c2e/report-on-labour-practices-and-environmental-impacts-of-artisanal-brick-industry-ladrilleras-artesanales-en-uruguay-alcance-y-caracterizacion.pdf>
- Cardenas, S., & Carrasco, M. (2023). *Comportamiento de tereftalato de polietileno en la elaboración de unidades de albañilería artesanal Sullana Piura 2023*. Piura - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/141305/Cardenas_A SM-Carrasco_DMJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castro, M. (2024). *PET (Tereftalato de polietileno)*. México. Obtenido de [https://www.pt-mexico.com/articulos/tereftalato-de-polietileno-\(pet\)-procesamiento-reciclaje-y-futuro](https://www.pt-mexico.com/articulos/tereftalato-de-polietileno-(pet)-procesamiento-reciclaje-y-futuro)
- Chicchón, J., & Rivasplata, L. (2020). *Características físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla King Kong del distrito de Monsefú*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8d5ce21b-c330-4749-95a6-56a50c3f4843/content>
- Chura, C. (2021). *Incorporación de lodo de Aguas Residuales en la elaboración del ladrillo artesanal mejorando sus propiedades físico mecánicas – Puno, 2021*. Lima



- Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de
file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Chura_HC-SD.pdf
- Creswell. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications. Obtenido de
https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf
- E.070, N. (2020). *Albañilería*. Lima - Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones. Obtenido de
<https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view>
- Fuentes, J. (2023). *Ventajas e inconvenientes del ladrillo como material de construcción*. Obtenido de <https://www.bioclimattech.es//desventajas-del-ladrillo-como-material-de-construccion/>
- Gareca, M., & Andrade, M. (2024). *Material ecológico: ladrillos elaborados con suelo-cemento y polietileno tereftalato (PET)*. Bolivia: Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Obtenido de
<http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v22n31/2225-8787-rcti-22-31-15.pdf>
- Hernández et al. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Obtenido de <https://chatgpt.com/c/e0abbe6e-c7e1-4e0b-8f0c-d5cc403cf77c>
- Holguín, L. (2020). *Evaluación de prototipo de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores*. Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de
[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HOLGUIN%20AVILA%20LUIS%20EDUARDO_compressed\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HOLGUIN%20AVILA%20LUIS%20EDUARDO_compressed(1).pdf)
- Huiza, M. (2023). *Influencia del tereftalato de polietileno reciclado en propiedades físicas y mecánicas de albañilería confinada con ladrillo artesanal de arcilla, Huancayo*. Huancayo - Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/11055/T010_73860221_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Iqbal et al. (2021). *Utilización de lodos de aguas residuales en materiales de construcción*. Environmental Research. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111656>
- Kerlinger, F. (2002). *Fundamentos de la investigación del comportamiento*. Belmont, CA: Wadsworth. Obtenido de <https://padron.entretemas.com.ve/INICC2018-2/lecturas/u2/kerlinger-investigacion.pdf>
- Medrano et al. (2023). *Propiedades Físicas y Mecánicas de Ladrillo Artesanal con Agregado Natural que Contiene Partículas de Hierro*. Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/papers/Contribution_970_a.pdf
- Mosqueda, Y., & Cabrales, Y. (2023). *Estudio de las propiedades de los lodos residuales de la cantera La Inagua como alternativas para su utilización*. Universidad de Moa. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/2+lodo+residual+Inagua.pdf
- Musa et al. (2023). *Reciclaje de lodos de aguas residuales tratados en la producción de ladrillos sostenibles: propiedades e implicaciones ambientales*. Journal of Cleaner Production. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136871>
- Palma, H., & Tenesaca, F. (2020). *Estudio de la degradabilidad del PET (polietileno tereftalato) dosificado con celulosa de la cáscara de cacao*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18373/4/UPS-CT008688.pdf>
- Ponce, J. (2022). *Los principales usos y características del Polietileno de tereftalato*. Obtenido de <https://sintac.es/los-principales-usos-y-caracteristicas-del-polietileno-de-tereftalato/>
- Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Obtenido de <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf>
- Tapia, C. (2024). *Beneficios de construir con ladrillos artesanales*. México. Obtenido de <https://maceremexico.com/post/beneficios-de-construir-con-ladrillos-artesanales>



Tene, I., & Zambrano, M. (2023). *Evaluación de lodos residuales de la planta de*

tratamiento de Colta Villa la Unión, para la fabricación de ladrillos artesanales.

Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11356/1/Tene%20I.%2C%20Zambrano%20M.%20%282023%29%20EVALUACI%C3%93N%20DE%20LODOS%20RESIDUALES%20DE%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20COLTA%20VILLA%20LA%20UNI%C3%93N%2C%20PARA%20LA%20FABRICACION%20DE%20>

Vitaqua. (2023). *Lodos en plantas de tratamiento: Características y Métodos de Gestión.*

Obtenido de <https://vitaqua.es/lodos-en-plantas-de-tratamiento-caracteristicas-y-metodos-de-gestion/>

Yucra, E. (2023). *PET: Qué es, Características, Ventajas, Usos y Ejemplos.* Obtenido de

<https://responsabilidadsocial.net/pet-que-es-caracteristicas-ventajas-usos-y-ejemplos/>



ANEXOS



Anexo 01. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LOD DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades de ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar el efecto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades de ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La influencia de la incorporación de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades de ladrillos artesanales en el distrito de Taraco 2024.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>TEREFALATO DE POLIETILENO</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Proporciones de PET en 4%, 6%, 8%</i></p>	Fichas de control de calidad de laboratorio
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024?</p> <p>¿Cuál es el efecto del empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades físicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024?</p> <p>¿Cuál es el impacto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024.</p> <p>Analizar el efecto del empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades físicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024.</p> <p>Evaluar el impacto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales producidos en el distrito de Taraco 2024, cumplirán de manera exacta con la normativa recomendada.</p> <p>El efecto del empleo de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables será positiva mejorando las propiedades físicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024.</p> <p>El impacto de la adición de tereftalato de polietileno y lodo de aguas residuales en proporciones variables será positiva incrementando las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal elaborado en el distrito de Taraco 2024.</p>	<p>LODO DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Proporciones de LAR en 5%, 15%, 25%</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Resistencia a la compresión</i></p> <p><i>Absorción</i></p> <p><i>Variación dimensional</i></p> <p><i>Succión</i></p> <p><i>Alabeo</i></p>	

Anexo 02. Panel fotográfico.

Fotografía N° 01: Canal de ingreso a las aguas residuales



Fotografía N° 02: Toma de muestras en la laguna facultativa N° 04



Fotografía N° 03: Aguas residuales de la PTAR - Chilla



Fotografía N° 04: Extracción de las muestras de lodos – PTAR - Chilla



Fotografía N° 05: Muestras obtenidas de los lodos de las aguas residuales



Fotografía N° 06: Toma de muestras en la laguna facultativa N° 03



Fotografía N° 07: Preparado de la muestra para la elaboración del ladrillo



Fotografía N° 08: Toma de muestra de la arcilla



Fotografía N° 09: Toma de la muestra para la elaboración del ladrillo



Fotografía N° 10: Muestras para los ensayos en laboratorio



Fotografía N° 11: Retirado de muestras del ensayo de absorción



Fotografía N° 12: Secado o limpiado de muestras luego del ensayo de absorción



Fotografía N° 13: Secado o limpiado de muestras luego del ensayo de absorción



Fotografía N° 14: Pesado de las muestras luego de la absorción de agua



Fotografía N° 15: Resultados del ensayo de absorción



Fotografía N° 16: Ensayo de succión del ladrillo



Fotografía N° 17: Calculo del tiempo en el ensayo de succión



Fotografía N° 18: Pesado de las muestras luego del ensayo de succión



Fotografía N° 19: Medición de la variación dimensional del ladrillo



Fotografía N° 20: Variación dimensional del ladrillo realizado con vernier



Fotografía N° 21: Medición del alabeo del ladrillo



Fotografía N° 22: Ensayo de alabeo del ladrillo



Fotografía N° 23: Calculo del promedio de los resultados obtenidos



Fotografía N° 24: Prensa hidráulica para la resistencia a compresión



Fotografía N° 25: Ensayo de resistencia a la compresión



Fotografía N° 26: Rotura de la muestra en el ensayo de resistencia a la compresión





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

Ing. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

LUGAR

TARACO

PROGRESIVA

KM 0-500

MUESTRA

CAUCATA 1 - MUESTRA 1

FECHA

09 DE DICIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.66
SUELO SECO + TARRO	gr	86.18
PESO DEL TARRO	gr	27.35
PESO DEL AGUA	gr	9.48
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.83
HUMEDAD %	%	16.11

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.28	34.08	32.33
SUELO SECO + TARRO	gr	27.79	27.86	26.18
PESO DEL TARRO	gr	9.21	8.08	8.12
PESO DEL AGUA	gr	5.49	5.22	6.15
PESO DEL SUELO SECO	gr	18.58	19.78	18.06
HUMEDAD %	%	29.55	31.45	34.05
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.14	21.22
20.17	19.63
9.10	9.31
1.97	1.59
11.07	10.32
17.80	15.41

LÍMITE LIQUIDO % : 31.12

LÍMITE PLÁSTICO % : 16.60

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.52

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Ing. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257

RIE: B006 - 00317818



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

Bech: LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

LUGAR

TARACO

PROGRESIVA

KM 2+500

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 2

FECHA

09 DE DICIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.85
SUELO SECO + TARRO	gr	84.23
PESO DEL TARRO	gr	25.12
PESO DEL AGUA	gr	9.62
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.11
HUMEDAD %	%	16.27

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.75	31.82	30.95
SUELO SECO + TARRO	gr	25.18	25.83	25.41
PESO DEL TARRO	gr	9.38	8.33	8.54
PESO DEL AGUA	gr	5.57	5.99	5.54
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.80	17.50	16.87
HUMEDAD %	%	35.25	34.23	32.84
N° DE GOLPES		31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
19.75	20.05
17.82	18.82
9.18	9.25
1.93	1.23
8.64	9.57
22.34	12.85

LÍMITE LIQUIDO % : 33.62

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.60

ÍNDICE PLÁSTICO % : 16.02

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PROYECTO

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

Bach. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

LUGAR

TARACO

PROGRESIVA

KM 4+500

MUESTRA

GALICATA 3 - MUESTRA 3

FECHA

09 DE DICIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	97.93
SUELO SECO + TARRO	gr	88.37
PESO DEL TARRO	gr	24.82
PESO DEL AGUA	gr	9.56
PESO DEL SUELO SECO	gr	63.55
HUMEDAD %	%	15.04

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.78	33.54	32.82
SUELO SECO + TARRO	gr	28.12	27.12	26.32
PESO DEL TARRO	gr	9.26	8.32	8.65
PESO DEL AGUA	gr	5.66	8.42	6.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	18.86	18.80	17.67
HUMEDAD %	%	30.01	34.15	36.79
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21.43	22.16
19.38	20.19
9.37	9.37
2.05	1.97
10.01	10.82
20.48	18.21

LÍMITE LIQUIDO % : 33.03

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.34

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13.68

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dra. Arnoldo Yana Torres
C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : Bach. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

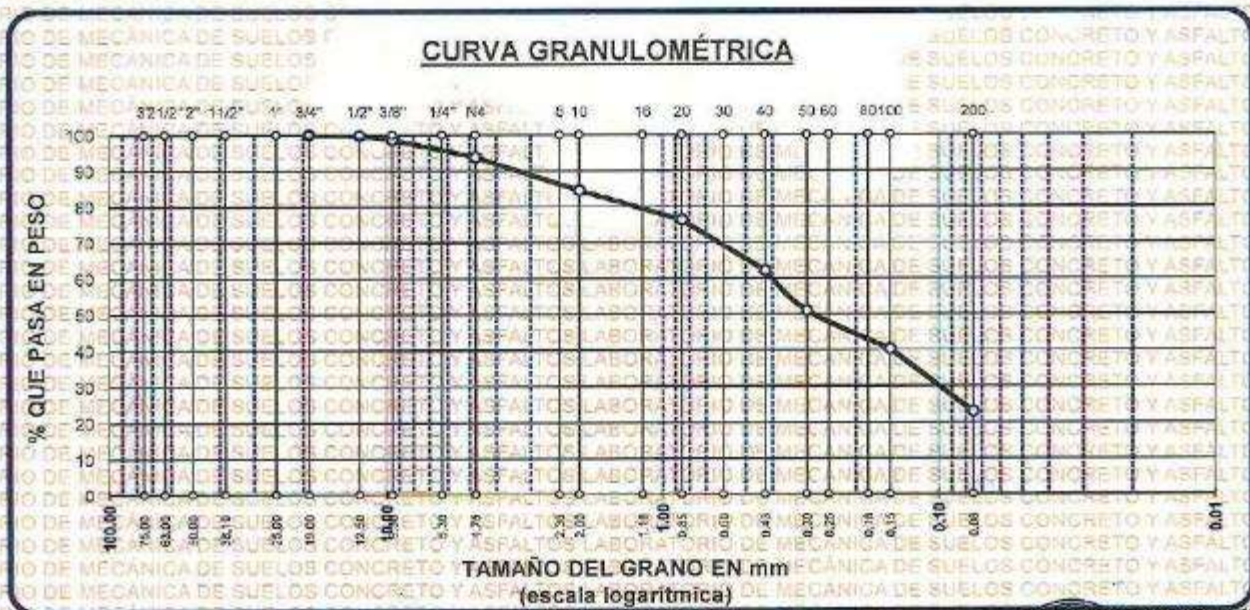
LUGAR : TARACO

PROGRESIVA : KM 0+500

MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1

FECHA : 09 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 500.00
2"	50.000						P.L.= 385.57
1 1/2"	38.100						P.P.= 114.43
1"	25.000						% W = 18.11
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	1.33	0.27	0.27	99.73		L.L.= 31.12
3/8"	9.500	5.29	1.06	1.32	98.68		L.P.= 18.80
1/4"	6.300						I.P.= 14.52
No4	4.750	24.61	4.92	6.25	93.75		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	46.04	9.21	15.45	84.55		D30= 0.106 Cc= —
No16	1.180						
No20	0.850	41.28	8.26	23.71	76.29		CLASIFICACIÓN:
No30	0.800						I.G. = :
No40	0.425	70.61	14.12	37.83	62.17		SUCS : CH
No50	0.300	56.18	11.24	49.07	50.93		ASSTHO : A-7
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	53.38	10.66	59.74	40.26		
No200	0.075	86.85	17.37	77.11	22.89		
BASE		114.43	22.89	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		22.69					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : Bacá, LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

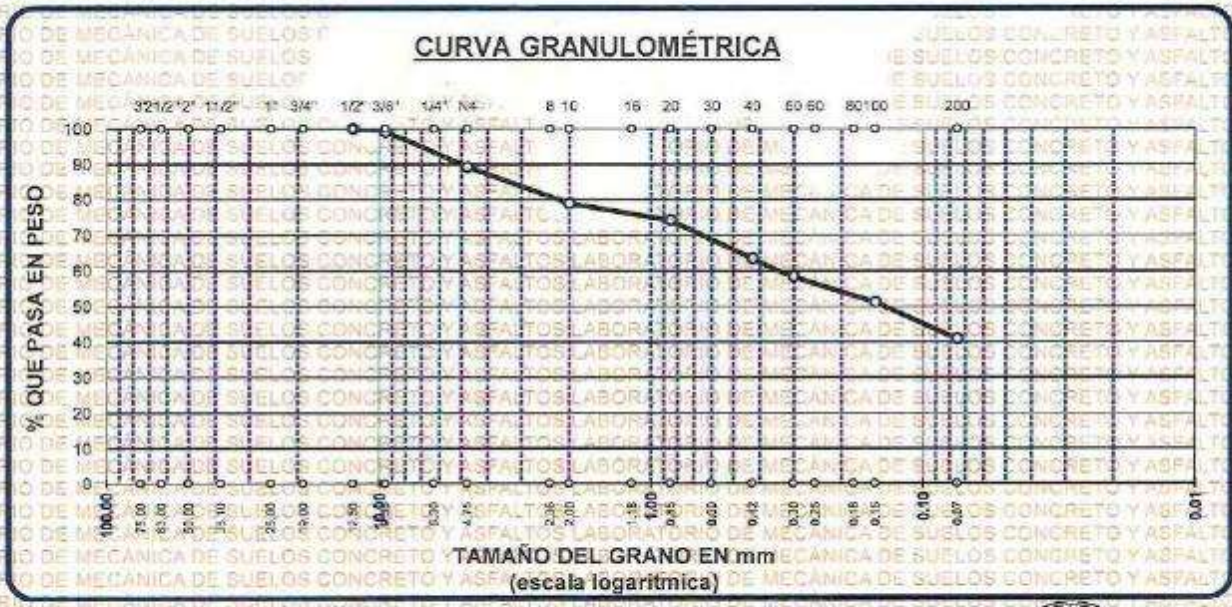
LUGAR : TARACO

PROGRESIVA : KM 2+500

MUESTRA : CALICATA 2 - MUESTRA 2

FECHA : 08 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 500.00
2"	50.000						P.L.= 295.46
1 1/2"	38.100						P.P.= 204.54
1"	25.000						% w = 16.11
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L.= 31.12
3/8"	9.500	4.58	0.91	0.91	99.09		L.P.= 16.60
1/4"	6.300						I.P.= 14.52
No4	4.750	49.26	9.85	10.76	89.24		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- C _u = ---
No10	2.000	51.78	10.36	21.12	78.88		D30= --- C _c = ---
No16	1.180						D60= 0.34
No20	0.850	23.57	4.71	25.83	74.17		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	53.64	10.73	36.56	63.44		SUCS : CH
No50	0.300	25.49	5.10	41.66	58.34		ASSTHO : A-7
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	35.71	7.14	48.80	51.20		
No200	0.075	51.45	10.29	59.09	40.91		
BASE		204.54	40.91	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA							



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CH - INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. METEOROLOGÍA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : Bach. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

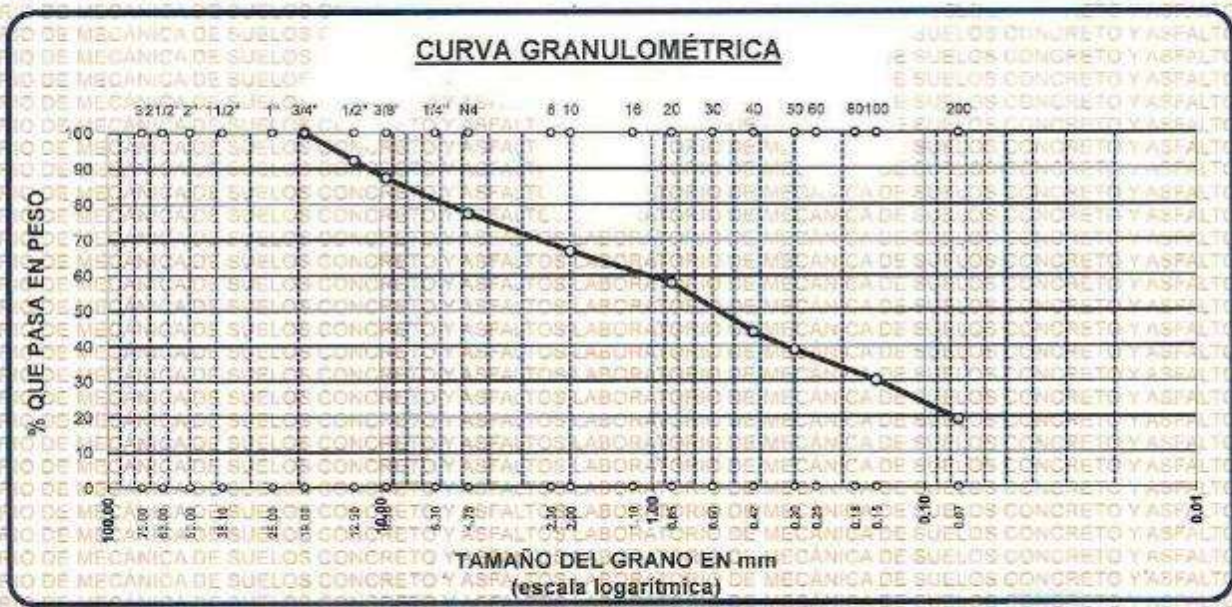
LUGAR : TARACO

PROGRESIVA : KM 4+500

MUESTRA : CALICATA 3 - MUESTRA 3

FECHA : 09 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 500.00
2"	50.000						P.L.= 404.14
1 1/2"	38.100						P.P.= 95.86
1"	25.000						% w = 16.11
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	38.25	7.65	7.65	92.35		L.L.= 31.12
3/8"	9.500	25.13	5.03	12.68	87.32		L.P.= 16.60
1/4"	6.300						L.P.= 14.52
No4	4.750	49.63	9.93	22.60	77.40		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	53.05	10.61	33.21	66.79		D30= 0.149 Cc= ---
No16	1.180						D60= 1.14
No20	0.850	45.21	9.04	42.25	57.75		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	89.27	13.85	56.11	43.89		SUCS : CH
No50	0.300	25.86	5.17	61.28	38.72		ASSTHO : A-7
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	42.63	8.53	69.81	30.19		
No200	0.075	55.11	11.02	80.83	19.17		
BASE		95.86	19.17	100.00	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		19.17					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio M.S.C.A. JEFATURA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ABSORCION DEL LADRILLO ARTESANAL

NTP 399.613

PROYECTO EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO ARTESANAL

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ABSORCION	
$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$	A= PESO DEL LADRILLO SECO B= PESO DEL LADRILLO SATURADO

SIMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	10042	10101	10128	10028
B=	11871	11964	11885	11892

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DEL LADRILLO SECO	PESO DEL LADRILLO SATURADO	% ABSORCION
1	LADRILLO ARTESANAL	M - 1	10042.00	11871.00	18.21
2	LADRILLO ARTESANAL	M - 2	10101.00	11964.00	18.44
3	LADRILLO ARTESANAL	M - 3	10128.00	11885.00	17.35
4	LADRILLO ARTESANAL	M - 4	10028.00	11892.00	18.59
					18.15

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCION

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ABSORCION DEL LADRILLO ARTESANAL

NTP 399.613

PROYECTO EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 4% DE TEREFALATO DE POLIETILENO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DEL LADRILLO SECO
 B = PESO DEL LADRILLO SATURADO

SIMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	11081	10438	10932	10793
B=	13108	12427	12951	12744

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCION
1	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 1	11081.00	13108.00	18.27
2	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 2	10438.00	12427.00	19.06
3	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 3	10932.00	12951.00	18.47
4	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 4	10793.00	12744.00	18.06
					18.47

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 6% DE TEREFALATO DE POLIETILENO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ABSORCIÓN

$$B = \frac{(A-B) \times 100}{A}$$

A = PESO DEL LADRILLO SECO
 B = PESO DEL LADRILLO SATURADO

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	12015	11977	12229	12152
B=	14274	14348	14446	14427

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCIÓN
1	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 1	12015.00	14274.00	18.80
2	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 2	11977.00	14348.00	19.80
3	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 3	12229.00	14446.00	16.13
4	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 4	12152.00	14427.00	16.72
					18.86

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCIÓN



INGENIERO ANDRÉS CERERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP/103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ABSORCIÓN

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DEL LADRILLO SECO
 B = PESO DEL LADRILLO SATURADO

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	10949	10772	11016	10918
B=	13061	12751	13185	12973

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCIÓN
1	LADRILLO ARTESANAL + 9% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 1	10949.00	13061.00	19.29
2	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 2	10772.00	12751.00	18.37
3	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 3	11016.00	13185.00	19.69
4	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	M - 4	10918.00	12973.00	18.82
					19.04

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnoldo Yana Torres
 CIP: 103267



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚBICAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARAZO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ABSORCIÓN

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DEL LADRILLO SECO
 B = PESO DEL LADRILLO SATURADO

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	11182	11365	11523	11207
B=	13219	13652	13571	13282

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCIÓN
1	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 1	11182.00	13219.00	18.22
2	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 2	11365.00	13652.00	20.12
3	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 3	11523.00	13571.00	17.77
4	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 4	11207.00	13282.00	18.52
					18.66

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA 'NESTOR CACERES VELASQUEZ'
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS.



ENSAYO DE ABSORCION DEL LADRILLO ARTESANAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DEL LADRILLO SECO
 B = PESO DEL LADRILLO SATURADO

SIMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	11214	11312	11248	11285
B=	13353	13524	13326	13527

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCION
1	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 1	11214.00	13353.00	19.07
2	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 2	11312.00	13524.00	19.55
3	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 3	11248.00	13326.00	18.47
4	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 4	11285.00	13527.00	19.87
					19.24

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCION



UNIVERSIDAD ANDINA 'NESTOR CACERES VELASQUEZ'
 FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

BIE: B006 - 00317818



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURRA

MUESTRA : LADRILLO + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ABSORCIÓN

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DEL LADRILLO SECO
 B = PESO DEL LADRILLO SATURADO

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	
A=	11218	11337	11456	11127	
B=	13422	13683	13584	13432	

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO DE ADOBE SECO	PESO DE ADOBE SATURADO	% ABSORCIÓN
1	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 1	11218.00	13422.00	19.65
2	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 2	11337.00	13683.00	20.69
3	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 3	11456.00	13584.00	18.58
4	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	M - 4	11127.00	13432.00	20.72
					19.91

OBSERVACIONES: DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 22 % DE ABSORCIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE SUCCIÓN

NTP 399.613

PROYECTO

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TERÉFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACIÓN

TARACO

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICAS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	LADRILLO ARTESANAL	24.00	12.00	4921.00	4945.00	24.00	16.67
2	LADRILLO ARTESANAL	23.95	12.04	4839.00	4864.00	25.00	17.34
3	LADRILLO ARTESANAL	24.02	11.95	4635.00	4659.00	24.00	16.72
4	LADRILLO ARTESANAL	24.05	12.02	4984.00	5007.00	23.00	15.91
							16.65

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 10<S<20 DE SUCCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE SUCCIÓN

NTP 399.613

PROYECTO

: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TERÉFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

: BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACIÓN

: TARACO

LUGAR

: LABORATORIO DE MECANICAS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

: 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TERÉFTALATO DE POLIETILENO	24.02	12.00	5021.48	5047.25	25.77	17.88
2	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TERÉFTALATO DE POLIETILENO	23.96	11.85	4930.26	4955.36	25.10	17.68
3	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TERÉFTALATO DE POLIETILENO	23.92	12.03	4851.37	4873.18	21.81	15.16
4	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TERÉFTALATO DE POLIETILENO	24.00	11.94	5052.44	5076.54	24.10	16.82
							16.89

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 10<S-20 DE SUCCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 RCP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnoldo Yana Torres
 CUI: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE SUCCION

NTP 399.613

PROYECTO

EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

: BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACIÓN

: TARACO

LUGAR

: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

: 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO	23.98	12.10	5046.51	5070.95	24.44	16.85
2	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO	24.00	11.90	5029.78	5054.43	24.65	17.26
3	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO	24.03	11.96	5143.33	5167.67	24.34	16.94
4	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO	23.95	12.02	5079.62	5104.55	24.93	17.32
							17.09

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 10<S<20 DE SUCCION

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA, PERU
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE SUCCION

NTP 399.613

PROYECTO

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

: BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACIÓN

: TARACO

LUGAR

: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

: 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	24.05	12.06	4986.36	5012.08	25.72	17.74
2	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	23.88	12.02	5061.27	5086.37	25.10	17.49
3	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	24.02	11.95	5049.64	5072.63	22.99	16.02
4	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO	24.00	12.00	5188.91	5214.27	25.36	17.61
							17.21

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 10<S<20 DE SUCCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnulfo Yana Torres
 CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE SUCCIÓN

NTP 399.613

PROYECTO

: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

: BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACIÓN

: TARACO

LUGAR

: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

: 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	24.00	12.12	5131.33	5156.54	25.21	17.33
2	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	23.86	12.08	5074.94	5100.93	25.99	18.03
3	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	24.05	11.96	5083.54	5106.31	22.77	15.83
4	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	24.00	12.00	5149.78	5174.66	24.88	17.28
							17.12

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 10-S<20 DE SUCCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

BIE: B006 - 00317818



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE SUCCIÓN

NTP 399.613

PROYECTO

EFEECTO DE LA ADICIÓN DE TERÉFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE

: BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACIÓN

: TARACO

LUGAR

: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

: 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	24.03	12.05	5283.36	5308.35	24.99	17.26
2	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	24.00	11.95	5139.54	5165.42	25.88	18.05
3	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	23.98	11.87	5244.77	5268.75	23.98	16.85
4	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	23.88	12.02	5155.32	5182.27	26.95	18.78
							17.73

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 10<S<20 DE SUCCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

RIE: R006-00317818



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE SUCCIÓN

NTP 399.613

PROYECTO: EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024.

SOLICITANTE: BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACIÓN: TARACO

LUGAR: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA: 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Nº	MUESTRA	DIMENSIONES		PESOS DE ENSAYO (P)		W (g)	SUCCION
		LARGO (L)	ANCHO (B)	P seco (g)	P saturado (g)		(gr/min)
1	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	23.85	12.03	5351.33	5378.27	26.94	18.78
2	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	24.02	12.00	5238.51	5265.08	26.57	18.44
3	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	24.00	11.98	5269.63	5295.24	25.61	17.81
4	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	23.96	11.95	5224.75	5249.48	24.73	17.27
							18.08

OBSERVACIONES: DE ACUERDO A NORMA NO-DEBERA DE EXCEDER DEL 10<S-20 DE SUCCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnoldo Yano Torres
 OIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : LADRILLO ARTESANAL

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	7.95	8.01	7.86	7.91	7.93	0.84
M-2	7.87	7.96	7.98	8.00	7.95	0.59
M-3	8.00	7.87	7.76	7.96	7.90	1.28
M-4	7.94	8.02	8.00	7.85	7.95	0.59
						0.83

Muestra	Ancho(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	12.92	12.95	12.88	12.89	12.91	0.69
M-2	13.04	12.84	12.91	12.92	12.93	0.56
M-3	12.90	12.86	13.00	12.97	12.93	0.52
M-4	12.86	12.88	12.89	12.88	12.88	0.94
						0.68

Muestra	Largo(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	23.94	23.88	23.93	24.01	23.94	0.25
M-2	24.00	23.81	23.78	23.87	23.87	0.56
M-3	23.82	23.94	24.02	23.82	23.90	0.42
M-4	23.95	23.87	23.81	23.91	23.89	0.48
						0.43

NOTA:

E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 24 cm

Ancho : 12 cm

Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024.

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACION : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : LADRILLO + 4% DE TEREFALATO DE POLIETILENO

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	7.88	8.00	8.02	7.98	7.97	0.38
M-2	7.90	7.86	8.06	8.02	7.96	0.50
M-3	8.02	8.05	7.90	7.94	7.98	0.28
M-4	7.95	7.92	8.00	8.00	7.97	0.41
						0.39

Muestra	Ancho(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	12.02	11.95	12.00	11.94	11.98	0.19
M-2	11.96	12.00	11.95	11.91	11.96	0.38
M-3	11.86	12.05	12.02	12.00	11.98	0.15
M-4	12.00	11.84	11.86	12.08	11.95	0.46
						0.29

Muestra	Largo(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	23.95	24.02	23.93	24.03	23.98	0.07
M-2	24.06	24.00	23.96	23.89	23.98	0.09
M-3	23.88	23.90	24.05	24.00	23.96	0.18
M-4	24.00	23.95	24.00	23.92	23.97	0.14
						0.12

NOTA :

E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 24 cm.

Ancho : 12 cm

Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnoldo Yana Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : LADRILLO +6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	8.02	7.89	8.04	8.00	7.99	0.16
M-2	7.88	8.04	8.03	7.86	7.95	0.59
M-3	7.94	8.00	7.94	8.05	7.98	0.22
M-4	8.05	7.96	7.95	7.95	7.98	0.28
						0.31

Muestra	Ancho(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	12.05	11.91	12.03	12.00	12.00	0.02
M-2	12.00	12.04	11.95	11.86	11.96	0.31
M-3	11.95	12.08	11.82	12.03	11.97	0.25
M-4	11.87	11.84	12.06	12.00	11.94	0.48
						0.27

Muestra	Largo(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	24.05	24.01	23.95	23.93	23.99	0.06
M-2	23.82	23.86	24.06	24.03	23.94	0.24
M-3	24.02	23.95	24.02	23.87	23.97	0.15
M-4	23.94	24.07	23.85	24.02	23.97	0.12
						0.14

NOTA:

E: Dimensión, específica por la norma o el fabricante.

P: Medida promedio de ensayo.

Largo : 24 cm.

Ancho : 12 cm

Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACION : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : LADRILLO + 8% DE TEREFALATO DE POLIETILENO

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	7.97	8.06	8.02	7.90	7.99	0.16
M-2	8.05	8.03	7.82	7.93	7.96	0.53
M-3	7.86	7.88	8.07	8.06	7.97	0.41
M-4	8.02	7.94	7.91	8.02	7.97	0.34
						0.36

Muestra	Ancho(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	12.08	12.05	11.84	11.87	11.96	0.33
M-2	11.95	12.03	12.04	11.85	11.97	0.27
M-3	11.86	11.92	12.08	12.09	11.99	0.10
M-4	12.04	11.95	11.92	12.02	11.98	0.15
						0.21

Muestra	Largo(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	24.09	23.86	23.89	24.01	23.96	0.16
M-2	23.85	24.08	24.04	23.84	23.95	0.20
M-3	23.89	23.94	24.02	24.03	23.97	0.13
M-4	24.05	24.02	23.90	23.92	23.97	0.11
						0.15

NOTA:
 E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.
 P : Medida promedio de ensayo.
 Largo : 24 cm.
 Ancho : 12 cm.
 Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Aníbal Nana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : LADRILLO + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	8.03	7.94	8.05	7.87	7.97	0.34
M-2	7.82	8.03	8.02	7.94	7.95	0.59
M-3	8.11	7.91	7.86	8.06	7.99	0.19
M-4	7.93	8.07	7.91	8.02	7.98	0.22
						0.34

Muestra	Ancho(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	11.98	12.08	11.85	12.02	11.98	0.15
M-2	12.06	12.03	11.93	11.88	11.98	0.21
M-3	12.03	11.94	12.03	11.93	11.98	0.15
M-4	11.87	11.86	12.08	12.01	11.96	0.38
						0.22

Muestra	Largo(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	24.08	23.93	24.01	23.90	23.98	0.08
M-2	24.02	24.05	23.94	23.87	23.97	0.12
M-3	23.94	23.82	24.08	24.02	23.97	0.15
M-4	23.80	24.02	23.91	24.04	23.94	0.24
						0.15

NOTA :

E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 24 cm.

Ancho : 12 cm

Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : LADRILLO + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	7.82	8.06	8.07	7.95	7.98	0.31
M-2	8.03	7.88	8.03	7.93	7.97	0.41
M-3	8.07	7.93	7.86	8.04	7.98	0.31
M-4	7.92	8.08	7.91	8.02	7.98	0.22
						0.31

Muestra	Ancho(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	12.08	11.93	12.02	11.92	11.99	0.10
M-2	12.01	11.79	12.11	11.88	11.95	0.44
M-3	11.95	12.03	11.9	12.05	11.98	0.15
M-4	11.86	12.01	11.87	12.03	11.94	0.48
						0.29

Muestra	Largo(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	23.85	24.09	24.05	23.94	23.98	0.07
M-2	24.06	23.80	23.96	24.06	23.97	0.13
M-3	24.01	24.06	23.84	23.95	23.97	0.15
M-4	23.84	23.78	24.04	24.02	23.92	0.33
						0.17

NOTA :

E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 24 cm.

Ancho : 12 cm

Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnulfo Yana Torres
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : LADRILLO + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	7.88	8.00	8.02	7.97	7.97	0.41
M-2	7.90	7.86	8.06	8.04	7.97	0.44
M-3	8.02	8.05	7.90	7.94	7.98	0.28
M-4	7.95	7.96	8.00	8.00	7.98	0.28
						0.35

Muestra	Ancho(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	12.05	11.87	12.02	12.00	11.99	0.13
M-2	12.00	12.04	11.95	11.86	11.96	0.31
M-3	11.95	12.08	11.82	12.03	11.97	0.25
M-4	11.96	11.84	12.06	12.00	11.97	0.29
						0.24

Muestra	Largo(cm)				Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	24.09	23.84	23.89	24.01	23.96	0.18
M-2	23.85	24.08	24.04	23.84	23.95	0.20
M-3	23.89	23.94	24.02	24.03	23.97	0.13
M-4	24.05	24.02	23.90	23.86	23.96	0.18
						0.17

NOTA :
 E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.
 P : Medida promedio de ensayo.
 Largo : 24 cm.
 Ancho : 12 cm
 Altura : 8 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAD INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024.

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO ARTESANAL

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ALABEO DEL LADRILLO ARTESANAL

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	LADRILLO ARTESANAL	1.00	0.00	2.00	0.00
2	LADRILLO ARTESANAL	2.00	1.00	0.00	1.00
3	LADRILLO ARTESANAL	0.00	1.00	1.00	1.50
4	LADRILLO ARTESANAL	1.00	2.00	0.00	0.00
PROMEDIO (mm)		1.00	1.00	0.75	0.63
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		0.88			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		0.81			
ALABEO PROMEDIO (mm)		0.84			

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
C/P 103251



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREF TALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACÓ 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 4% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ALABEO DEL LADRILLO + 4% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO	2.00	0.50	1.00	1.00
2	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO	0.00	1.00	0.50	0.00
3	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO	1.00	0.00	2.00	1.00
4	LADRILLO ARTESANAL + 4% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO	0.00	2.00	1.00	0.50
PROMEDIO (mm)		0.75	0.88	1.13	0.63
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)				0.94	
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)				0.75	
ALABEO PROMEDIO (mm)				0.84	

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELASQUEZ"
 FICP - CIP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana-Torres
 CIP 103257



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024.

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ALABEO DEL LADRILLO + 6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO	1.00	1.00	1.00	0.50
2	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO	0.00	2.00	0.50	1.00
3	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO	1.50	0.00	0.00	1.00
4	LADRILLO ARTESANAL + 6% DE TEREFTALATO DE POLIETILENO	0.50	1.50	1.50	0.00
PROMEDIO (mm)		0.75	1.13	0.75	0.63
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		0.75			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		0.88			
ALABEO PROMEDIO (mm)		0.81			

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CIP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREF TALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 8% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ALABEO DEL LADRILLO + 8% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO	1.00	1.00	0.00	1.00
2	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO	2.00	0.50	1.00	0.00
3	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO	0.00	1.00	2.00	2.00
4	LADRILLO ARTESANAL + 8% DE TEREF TALATO DE POLIETILENO	1.50	1.80	0.00	1.00
PROMEDIO (mm)		1.13	1.08	0.75	1.00
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		0.94			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		1.04			
ALABEO PROMEDIO (mm)		0.99			

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

LABORATORIO M.S.C.A. FEFATURA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ALABEO DEL LADRILLO + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	1.00	1.00	2.00	0.50
2	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	1.00	0.00	0.50	2.00
3	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	0.50	2.00	1.00	0.00
4	LADRILLO ARTESANAL + 5% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	1.50	2.00	1.00	0.50
PROMEDIO (mm)		1.00	1.25	1.13	0.75
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)				1.06	
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)				1.00	
ALABEO PROMEDIO (mm)				1.03	

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

 Dr. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ALABEO DEL LADRILLO + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	2.00	1.00	0.00	1.50
2	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	1.00	1.50	2.00	0.00
3	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	0.00	1.00	1.00	1.50
4	LADRILLO ARTESANAL + 15% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	1.40	0.00	0.00	1.50
PROMEDIO (mm)		1.10	0.88	0.75	1.13
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		0.93			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		1.00			
ALABEO PROMEDIO (mm)		0.96			

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arjaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

SOLICITANTE : BACH. LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

MUESTRA : LADRILLO + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 30 DE DICIEMBRE DEL 2024

ALABEO DEL LADRILLO + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	1.00	2	0.00	1.00
2	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	1.00	0	1.00	0.50
3	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	0.40	1	0.00	2.40
4	LADRILLO ARTESANAL + 25% DE LODO DE AGUAS RESIDUALES	1.00	0	2.20	0.00
PROMEDIO (mm)		0.85	0.75	0.80	0.98
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		0.83			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		0.86			
ALABEO PROMEDIO (mm)		0.84			

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103267



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 05-09-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LUIS JOSEPH RIVERA CHURA

Dirección: Jr. 3 DE MAYO 403

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46307110

Teléfono: 990 912 160 email: luis_23_r@hotmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EFFECTO DE LA ADICIÓN DE TEREFALATO DE POLIETILENO Y LODO DE AGUAS

RESIDUALES EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LAS PROPIEDADES DE

LADRILLOS ARTESANALES PRODUCIDOS EN EL DISTRITO DE TARACO 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ADOQUIN DE CONCRETO, RELAVE MINERO, GRANO DE CAUCHO,

RESISTENCIA A LA COMPRESION
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES - P17

Firma de Autor



huella digital

11-08-2025

Fecha