

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Alejandra Chavez Cordova

ASESOR

Jose Alberto Acero Martinez

<https://orcid.org/0000-0003-4154-9510>

Chiclayo, 2023

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad

PRESENTADA POR
Alejandra Chavez Cordova

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Justo David Pedraza Franco
PRESIDENTE

Juan Merino Roncero
SECRETARIO

Jose Alberto Acero Martinez
VOCAL

Dedicatoria

A mis queridos padres: Marco y Gricelda, quienes han sido mi mayor fuente de apoyo y motivación a lo largo de este arduo camino. Su amor incondicional y sacrificio han sido fundamentales en mi crecimiento y éxito. Con todo mi amor, les dedico mi tesis.

Agradecimientos

Agradezco a mi familia, quienes han sido mi mayor fortaleza y apoyo durante todo este tiempo. Su aliento y amor me han impulsado a superar obstáculos y perseguir mis metas. Agradezco especialmente a mi compañero Walter Burga López, cuyo apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional ha sido fundamental. Su constante respaldo y ánimo han sido un verdadero impulso para alcanzar el éxito.

Entrega Tesis 2

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	creativecommons.org Fuente de Internet	3%
4	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	11
Abstract	12
Introducción.....	13
Revisión de la literatura.....	17
Antecedentes	17
Internacional.....	17
Nacional	17
Local	18
Bases teóricas.....	20
Descripción del adobe o tierra reforzada	20
Componentes de los suelos	22
Polietileno de Alta Densidad.....	22
Normativas empleadas en los ensayos.....	24
Materiales y Métodos	37
Tipo y nivel de investigación	37
De acuerdo al fin que persigue	37
De acuerdo a los datos analizados.....	37
Diseño de investigación	37
Población, muestra y muestreo	37
Población.....	37
Muestra.....	38
Muestreo.....	38
Criterios de selección	39
Para la recolección de botellas PEAD.....	39
Para los gránulos PEAD.	40

Operacionalización de variables	40
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
Técnicas.....	41
Instrumentos de recolección de datos	42
Procedimientos	42
Obtención de fibras PEAD.....	42
Ensayos de caracterización del suelo.....	45
Fabricación del adobe.....	48
Ensayos clasificatorios de las unidades de tierra reforzada	50
Ensayos a los muretes de tierra reforzada	52
Resultados	54
Granulometría	54
Límites de consistencia	54
Contenido de humedad	55
Peso específico.....	55
Absorción	56
Ensayo de resistencia a la compresión en unidades	56
Ensayo brasileño de tracción indirecta	57
Ensayo de resistencia a la compresión en prismas	58
Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes	59
Ensayo de variación dimensional.....	60
Ensayo de Alabeo	62
Discusión	64
Resistencia a la compresión en unidades y prismas.....	64

Resistencia a la tracción indirecta y a la tracción diagonal	64
Análisis Costo Beneficio.....	65
Mejor adición	65
Evaluación económica.....	67
Conclusiones	70
Recomendaciones	73
Referencias	74
Anexos	77

LISTA DE FIGURAS

Figure 1 Secado natural y desmolde de adobe	21
Figure 2 Botellas PEAD preparadas.....	43
Figure 3 Dispositivo de corte	44
Figure 4 Fibras cortadas	45
Figure 5 Pruebas para selección del suelo.....	46
Figure 6 Peso de muestra para Granulometría	46
Figure 7 Cilindros para hallar límite plástico.....	47
Figure 8 Toma de datos para peso específico	47
Figure 9 Pesaje de muestra para contenido de humedad.....	48
Figure 10 Especímenes cúbicos antes de ser ensayados	50
Figure 11 Especímenes de probetas antes de ser ensayadas	51
Figure 12 Toma de medida para variación dimensional y alabeo.....	51
Figure 13 Prismas expuestos al secado	52
Figure 14 Muretes expuestos al secado.....	53

LISTA DE TABLAS

Table 1 Datos técnicos del Polietileno de Alta Densidad	23
Table 2 Muestreo para los ensayos	38
Table 3 Operacionalización de variables	41
Table 4 Dosificación de fibras y gránulos PEAD	49
Table 5 Tabla de análisis granulométrico	54
Table 6 Límites de consistencia	54
Table 7 Contenido de humedad.....	55
Table 8 Peso específico	55
Table 9 Absorción del agregado.....	56
Table 10 Resistencia a la compresión en cubos	56
Table 11 Resistencia a la tracción indirecta en probetas.....	57
Table 12 Resistencia a la compresión en prismas de albañilería	58
Table 13 Resistencia a la compresión diagonal en muretes	59
Table 14 Variación dimensional en unidades de adobe	60
Table 15 Variación dimensional promedio en unidades de adobe.....	60
Table 16 Ensayo de alabeo.....	62
Table 17 Escala de colores para puntaje de matriz de resultados	66
Table 18 Matriz de resultados	66
Table 19 Resultados de la matriz	66
Table 20 Resumen de partidas de ACU	67
Table 21 Incremento porcentual económico por m ² de muro	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Curva granulométrica.....	54
Gráfico 2 Curva de fluidez	55
Gráfico 3 Resistencia a la compresión en cubos	56
Gráfico 4 Resistencia a la tracción indirecta en probetas.....	57
Gráfico 5 Resistencia a la compresión en prismas de albañilería	58
Gráfico 6 Resistencia a la compresión diagonal en muretes	59
Gráfico 7 Variación dimensional del largo en %	61
Gráfico 8 Variación dimensional del ancho en %	61
Gráfico 9 Variación dimensional de altura en %	62
Gráfico 10 Comparación económica entre ambos estabilizantes.....	68

Resumen

Las construcciones en adobe han demostrado, a lo largo de la historia del Perú, una vulnerabilidad frente a fenómenos naturales como los sismos. Por ello, el propósito de este estudio es examinar las características físicas y mecánicas de los elementos de albañilería hechos de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad, utilizando concentraciones de 0.5%, 1% y 1.5% en peso como referencia, cada material analizado de forma independiente en el adobe. Se empleó una metodología basada en un diseño experimental, que involucró la obtención de materiales, la elaboración de muestras y ensayos de los mismos. Entre los hallazgos más significativos, se observó que la adición óptima de 0.5% de fibras proporciona mejoras significativas en todas las propiedades estudiadas. Estos hallazgos sugieren que la inclusión de fibras en la albañilería de tierra reforzada puede ser una solución efectiva para mejorar su resistencia y comportamiento mecánico. Estos resultados contribuyen al conocimiento en el campo de la construcción sostenible y brindan información importante para futuros estudios y usos prácticos en el ámbito de la industria de la construcción.

Palabras clave: Adobe, Polietileno de Alta Densidad, PEAD y propiedades mecánicas

Abstract

Adobe constructions have demonstrated, throughout the history of Peru, a vulnerability to natural phenomena such as earthquakes. Therefore, the purpose of this study is to examine the physical and mechanical characteristics of masonry elements made of earth reinforced with fibers and high-density polyethylene granules, using concentrations of 0.5%, 1%, and 1.5% by weight as reference, with each material analyzed independently in adobe. A methodology based on an experimental design was employed, which involved obtaining materials, preparing samples, and conducting tests on them. Among the most significant findings, it was observed that the optimal addition of 0.5% of fibers provides significant improvements in all the properties studied. These findings suggest that the inclusion of fibers in reinforced earth masonry can be an effective solution to enhance its strength and mechanical behavior. These results contribute to the knowledge in the field of sustainable construction and provide important information for future studies and practical applications in the construction industry.

Keywords: Adobe, High Density Polyethylene, HDPE and mechanical properties

Introducción

Las construcciones de tierra reforzada, o también conocido como adobe, han sido empleadas por el hombre desde la antigüedad debido al fácil acceso de su materia prima. Este material de construcción se utiliza principalmente en viviendas de áreas rurales en naciones en vías de desarrollo, pero, además, su utilización también se ha expandido por todo el mundo en proyectos arquitectónicos; pues factores como su bajo impacto ambiental y consumo energético, su sencilla elaboración y fácil proceso constructivo, resulta ser una alternativa de menor coste.

No obstante, en el uso de estas construcciones, también se evidencian ciertas limitaciones del material, pues existe una vulnerabilidad frente a fuerzas inducidas por fenómenos como los sismos que reducen su resistencia a la compresión y tracción, pues los muros tienden a derrumbarse al tener que soportar toda la fuerza inducida por el movimiento telúrico.

En el Perú, a lo largo de la historia de los sismos, se han visto resultados catastróficos muy severos en lo que a pérdidas de vidas humanas y económicas se refiere, pues la mayor parte de las edificaciones de tierra reforzada colapsaron. Según los resultados del Censo Nacional de Vivienda en 2017, el INEI, manifiesta que 2'148,494 viviendas cuentan con paredes predominantemente de adobe o tapia; representando el 27,9% de la totalidad de viviendas en el Perú [1]. Por este motivo, se ha visto un notable aumento de la preocupación por parte de muchos investigadores en presentar soluciones ante esta problemática, planteando soluciones novedosas que buscan mitigar las deficiencias que presenta este material, suponiendo así un reto para la ingeniería.

De hecho, en Perú y a nivel internacional, se han realizado investigaciones con el fin de mejorar las características físico-mecánicas de las unidades de albañilería de tierra reforzada tradicional, adicionando materiales plásticos reciclados, ya sean en forma de fibras o triturados. En ellas se concluyen que la adición logra mejorar considerablemente propiedades como compresión, tracción, flexión y permeabilidad [5].

Dentro de ese marco, también existe una creciente preocupación con respecto a la acumulación de desechos plásticos. La incidencia de este material se debe a su amplia versatilidad, lo cual lo convierte en uno de los más populares a nivel global debido a sus

destacadas características mecánicas, tales como resistencia, peso y durabilidad. Sin embargo, debido a sus buenas características, los plásticos son difíciles o imposibles de asimilar para el medio ambiente, lo que ocasiona su acumulación final en los ecosistemas terrestres y acuáticos.

El Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) señala que, en 2017, se descubrió frente al litoral de Perú y Chile, una masa de residuos plásticos con una extensión estimada de 2.6 millones de kilómetros cuadrados, lo que equivale a casi dos veces el territorio peruano. Esto se produce en consecuencia de que, en Perú, cada ciudadano utiliza en promedio 30 kg de plástico por año [2].

A diario, en la región de Chiclayo, se produce una cantidad de 400 toneladas de residuos sólidos generados por los residentes locales, de ese total, solo se recoge un volumen de 180 toneladas mediante el sistema de gestión de residuos establecido en la localidad, y las 220 toneladas de basura restantes se encuentran en montículos distribuidos en calles y avenidas, como también en las carreteras que unen a la ciudad de Chiclayo con Pomalca, Lambayeque, Monsefú, Ferreñafe y Lima [3]. Esto quiere decir que, en particular, se vierten 40 toneladas de plásticos al día en la ciudad de Chiclayo, pues el MINAM señala que de todos los residuos sólidos que se generan, el 10% representa a los residuos plásticos [4].

De la situación anteriormente expuesta, se desprende el siguiente problema de investigación: ¿Cómo afecta la incorporación de fibras y gránulos de polietileno de alta densidad en unidades de albañilería de tierra reforzada en sus propiedades físicas y mecánicas?

En esta investigación se adopta el objetivo general de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad, por lo que se establecieron los siguientes objetivos específicos:

Identificar las propiedades del agregado para la elaboración de las unidades de tierra reforzada; Caracterizar el proceso de obtención de las fibras de plástico PEAD; Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de tierra reforzada y muretes adicionando fibras de plástico PEAD en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% respecto al peso seco del bloque; Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de tierra reforzada y muretes adicionando gránulos de plástico PEAD en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% respecto al peso seco del bloque; Analizar el costo de producción unitario por m² de murete de tierra reforzada estabilizado; y

describir la elaboración de las unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de PEAD.

Ahora bien, se puede decir que la permanencia del plástico en nuestro hábitat, amenaza con ser uno de los más importantes problemas ambientales a los que la sociedad actual se enfrenta. Y, pese a que los plásticos puedan reciclarse, en el momento en que el consumo de este material y la cantidad reciclada se aproximan, el sistema deja de ser sostenible. Es por ello, que es fundamental realizar investigaciones mediante la reutilización de residuos plásticos que signifiquen una oportunidad de aprovechamiento y descontaminación, de manera que superen las características de los materiales convencionales. De hecho, su uso en esta investigación aporta soluciones que se respaldan en diversos aspectos:

Socialmente, se sostiene en que, en la actualidad, el hecho de tener una vivienda digna y accesible sigue siendo una prioridad, de modo que la investigación permite una mejora de la calidad de vida de las personas teniendo en cuenta su situación económica, facilitando su acceso a una vivienda de mejores características en la que los materiales de construcción son simplemente tierra, agua y plástico.

Económicamente se sostiene, primero, en que apostar por una vivienda construida con materiales locales representa un ahorro significativo de costos y la hace accesible para la mayoría. Segundo, el material de botellas de PEAD se pueden obtener de las plantas de reciclaje a un muy bajo precio o incluso pueden ser obtenidas por las mismas personas sin costo adicional alguno. Y, finalmente, que para la elaboración de viviendas de tierra reforzada y de las fibras de PEAD no se requiere de mano de obra calificada, lo que significa un coste muy bajo para su producción.

Desde el aspecto técnico, se respalda en que la incorporación de fibras de plástico PEAD en las unidades de tierra reforzada permite la mejora de sus propiedades en estado fresco y endurecido:

En estado fresco, es el control de la retracción plástica. Pues la ductilidad del plástico, gracias a su capacidad de deformación, permite la prevención de apariciones de micro y macro fisuras debidas a la contracción en el secado de la unidad de tierra reforzada. Adicionalmente, controla la aparición de fisuras durante la vida útil de la estructura.

En estado endurecido, primero, es que las fibras de polietileno se caracterizan por tener una alta resistencia a la tensión, por lo cual se encargarían de soportar los esfuerzos a tracción que la tierra reforzada no es capaz de asumir. Segundo, este material tiene una alta resistencia al impacto, lo que incrementaría la tenacidad de la unidad de albañilería. Tercero, a causa del control de fisuración en estado fresco, se mejora su resistencia a compresión del bloque en estado endurecido.

Desde la perspectiva ambiental, este estudio ofrece una contribución significativa al proponer la reutilización de botellas de PEAD; a pesar de que la sostenibilidad del adobe se ve afectada por esta transformación, la iniciativa de reutilizar botellas de PEAD demuestra ser una medida valiosa para mitigar la contaminación y reducir la presión sobre los ecosistemas.

En definitiva, se comprende que el presente informe busca validar la efectividad de la reutilización del polietileno de alta densidad (PEAD) procedente de botellas, en la mejora significativa de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de tierra reforzada.

Revisión de la literatura

Antecedentes

Internacional

E. Olacia, A. Pisello, V. Chiodo S. Maisano, A. Frazzica y L.Cabeza desarrollaron un artículo de investigación titulado **“Sustainable adobe bricks with seagrass fibres. Mechanical and thermal properties characterization”** con la finalidad de buscar materiales de construcción que sean accesibles y sostenibles. Se realizaron experimentos de laboratorio para el estudio de las propiedades mecánicas de los bloques de adobes estabilizados con la fibra de la posidonia oceánica y paja tradicional en diferentes longitudes. A estas se le aplicaron ensayos de tracción y absorción, en donde se obtuvo que las fibras de paja tienen mejores resultados al ensayarse independientes, pero junto al adobe, la posidonia oceánica tiene mejores resultados cuando es aplicada en un 3% y en su longitud natural en cuanto a las propiedades mecánicas del bloque [10].

Milogo Y., Morel JC, Aubert JE y Ghavami K. elaboraron un artículo científico titulado **“Experimental analysis of Pressed Adobe Blocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers”** para el análisis de las propiedades físicas y mecánicas del adobe prensado con un contenido de 0.2% a 0.8% de fibras de Hibiscus cannabinus con respecto al peso seco del adobe. El material arcilloso que lo compone es de Rochechinard, Francia, y se desarrollaron fibras de 3 cm y 6 cm de longitud, en donde se tuvo mayor impacto con la primera adición, pues con fibras muy largas y en alto contenido se tuvo efecto negativo en la resistencia a la compresión. Por otro lado, se tuvo una respuesta positiva con la resistencia a la flexión, porque entre las fibras y las partículas del suelo hubo una buena adherencia, y con ello buena resistencia a la tracción. Se determinó que los porcentajes óptimos de contenido de fibra son 0.3% a 0.5% [11].

Nacional

Bastidas A. Bach, desarrolla su tesis para el grado profesional en ingeniería civil, titulado **“Comparación entre la resistencia de compresión entre un adobe convencional y un adobe hecho con polietileno de baja densidad con agregados extraídos de Colpa Alta – 2019”**. En esta investigación se requiere determinar la diferencia entre la resistencia a la compresión de un adobe convencional, normado por la E.080, y uno estabilizado con polietileno de baja

densidad con suelo extraído de Colpa Alta, Huánuco. Para ello se realizaron 15 muestras para cada adición de 0%, 0.3%, 0.5% y 1% de fibras de polietileno de baja densidad respecto al peso del adobe; estas fibras con dimensiones aproximadas de tres centímetros de largo y tres milímetros de espesor. De ellos se determina, según sus objetivos, que todas estas adiciones mejoran positiva y significativamente la resistencia a la compresión en el adobe. De acuerdo a esto, para un adobe convencional se determina una media de resistencia a la compresión 10.24 kg/cm² y para los porcentajes de 0.3%, 0.5% y 1% la media corresponde a 13.59 kg/cm², 14.61 kg/cm², 24.64 kg/cm² respectivamente [12].

Por esta razón, el autor recomienda seguir realizando investigaciones con mayores porcentajes para determinar el valor máximo en que la adición de polietileno de baja densidad mejora la resistencia a la compresión del adobe convencional. Asimismo, recomienda hacer mayores ensayos para la unidad de adobe, como el de resistencia a la tracción, y también ensayos aplicados a muretes [12].

Aznarán M. Guillermo, en su tesis para obtener el grado de ingeniero civil, titulada **“Influencia del plástico reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del adobe en el distrito de Santa – Ancash – 2018”**, en el cual determina cuál es la influencia del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del adobe con materia prima extraída de Santa, Ancash. Para ello, realizó 96 cubos de muestra, de los cuales ensayó 24 a compresión a los 7, 14 y 28 días; y 24 muestras a tracción a los 28 días.

Como resultados en propiedades mecánicas, obtuvo que, para resistencia a la compresión, el mejor promedio corresponde a la muestra ensayada a los 28 días y con 1% de adición de tereftalato de polietileno con un valor de 20.13 kg/cm²; asimismo, para la resistencia a la tracción, el mejor promedio corresponde a la muestra con adición de 1% con un valor de 1.82 kg/cm². Por último, con respecto a las propiedades físicas de absorción, el porcentaje óptimo también corresponde al 1% con un resultado de 19.88%. [5]

Local

Barturén P. Gino (2020), en su tesis para la obtención del título de ingeniero civil, titulada **“Incorporación de fibras de plástico PET reciclado para mejorar el adobe tradicional en el Pueblo Joven El Nazareno-Chiclayo-2020”** determina la influencia de fibras PET reciclado para la mejora del adobe convencional en el pueblo joven El Nazareno - Chiclayo, pues el

plástico PET es un material reutilizable, lo cual evita su acumulación en las calles. Para su desarrollo hizo ensayos de resistencia a la compresión, de resistencia a la tracción y absorción, en los cuales se obtuvieron resultados positivos para todas las propiedades, pues al incorporarle 1.2% de adición de fibra PET, sus propiedades mejoraron de la siguiente manera: para la resistencia a compresión aumentó en un 19.90 kg/cm², la resistencia a la tracción en un 1.78 kg/cm² y mejoró en un porcentaje a la absorción de 19.88%. Llegando a la conclusión que las fibras PET en un porcentaje de 1.2 del peso del adobe, mejoran significativamente las propiedades del adobe convencional [13].

López C. Adderly y Teque C. Tomas, en su tesis para la obtención del grado profesional de ingeniero civil, titulada “**Fibras de Coco y su Influencia en Las Propiedades Físico-Mecánicas del Adobe, Chiclayo – 2021**”, evaluaron las propiedades físicas y mecánicas del adobe con adiciones de 0%, 2%, 3% y 4% de fibra de coco, mediante ensayos de compresión, flexión, tracción y succión. De ellos, se obtiene que los porcentajes de 2% y 3% mejoran la resistencia a la compresión del adobe, sin embargo, este último representa el porcentaje óptimo llegando a brindar una resistencia a la compresión de 15.0 kg/cm², lo que significa que aumenta en un 108.8% de la resistencia de la muestra patrón. Con respecto a la flexión, el porcentaje óptimo corresponde al 3% de fibra de coco, dando como resultado 8.5 kg/cm², que, a diferencia del adobe patrón, este obtuvo un valor de 4.3 kg/cm². Y, para la resistencia a la tracción, el que mejor resultado tuvo fue la adición de 4% con 2.59 kg/cm², comparado con el valor de adobe patrón de 1.84 kg/cm² [14].

Finalmente, los autores recomiendan que las longitudes de las fibras sean entre 2 a 3 cm, con el objetivo de obtener una mayor trabajabilidad en la mezcla y evitar ciertas dificultades en su preparación. [14]

Bases teóricas

Descripción del adobe o tierra reforzada

➤ Historia

La tierra ha sido utilizada para construcción durante mucho tiempo por la humanidad, ya que los primeros hombres construían con este material para formar paredes protectoras para sus cuevas. Esto permitió que las personas se familiarizaran con el material y aprendieron a mejorarlas agregándole fibra vegetal o reforzándolo con algunas ramas para consolidar su resistencia [15]. Es así como, con gran variedad de mezclas entre tipo de fibras vegetales, se le da paso a la aparición del adobe en muchas partes del mundo, pues desde hace 9000 años se conocen técnicas de construcción con dicho material.

En Perú se tienen culturas preincaicas como Wari, Mochica, Nazca y Chimú, las cuales trabajaron con el adobe para la construcción de sus casas, ciudadelas, huacas, templos, entre otras más. Dentro de las construcciones que más se destacan son la huaca del Sol y la Luna.

➤ La tierra cruda como material estructural: el adobe o tierra reforzada

El sistema constructivo de tierra reforzada no es más que el aparejado de unidades de tierra cruda secadas en condiciones naturales unidas con mortero de barro de la misma procedencia. Estas unidades se fabrican de forma artesanal y se encuentran en diversos formatos de dimensiones y con variedad de constitución granulométrica. Estas pueden emplearse para la construcción de paredes, arcos y bóvedas.

La fabricación de este mampuesto es un procesos cíclico e invariable, pues la técnica en sí misma no han cambiado significativamente a lo largo del paso del tiempo. Lo que sí es un hecho, es que han surgido métodos de adición de elementos orgánicos e inorgánicos con el objetivo de perfeccionar su composición natural inicial. De esta forma se genera una mejora en las propiedades mecánicas del elemento, como también el aumento de su resistencia ante exposición a la intemperie [16].

El barro corresponde al resultado de un proceso lento de efluencia entre el feldespato, el cuarzo y la mica. Y dentro de sus ventajas destaca que es un material abundante, económico, reciclable y, cuando es mezclado con fibras, funciona como un material termorregulador y aislador acústico.

Figure 1 Secado natural y desmolde de adobe



Fuente: D. Moraga y A. Cruz Sotelo. "Sistema constructivo tradicional adobe"

➤ **Especificaciones técnicas**

Los suelos con mayor influencia en la resistencia de las unidades de tierra reforzada son los que tienen relación al fenómeno de contracción por secado o con la misma resistencia del propio material seco:

- Arcilla: Principal material de estas unidades y el que predomina en su totalidad. Su retracción por secado de la tierra le provee la resistencia.
- Control de contracción por secado: Debido a la contracción del suelo en el secado, se generan una microfisuración, la cual es importante que sea controlada para obtener un adobe resistente.
- Aditivos: La paja corresponde a uno de los materiales más empleados para controlar la microfisuración, así como también la adición en menor proporción de arena gruesa.

➤ **Propiedades**

- Color: Tomará el color del suelo o tierra.
- Estado: Sólido y seco.
- Resistencia a la compresión: Según la norma E.080, esta no debe ser menor a 10.2 kgf/cm².
- Plasticidad: Cuenta con una plasticidad alta en su estado fresco, ya que en su mayoría es material arcilloso.

Componentes de los suelos

Para la construcción de estructuras de tierra reforzada es importante conocer la composición del suelo, pues no todos tienen las mismas características. Dentro de sus componentes se pueden encontrar esta clasificación de suelo en distintos porcentajes:

- *Gravas*: En presencia de agua, este es el componente más estable del suelo. Sin embargo, requieren la intervención de material limoso y arcilloso para conformar una composición firme en el suelo ya que carecen de cohesión seca.
- *Arenas gruesas*: Es un componente estable del suelo, y sus propiedades mecánicas no se ven afectadas con presencia de agua.
- *Arenas*: Son granos minerales con alta fricción interna; aunque son estables, no poseen cohesión en seco.
- *Limos*: En condiciones secas no tiene cohesión, pero junto al agua, este último se incrementa. Las arenas presentan una mayor resistencia a la fricción.
- *Arcillas*: Este componente brinda cohesión a las partículas del suelo, uniendo a las partículas de arenas más gruesas. En presencia de agua ocurre un cambio en la composición del suelo debido a su inestabilidad [17].

Polietileno de Alta Densidad

La conformación química de los polímeros más simple corresponde al polietileno. Este puede tomar cualquier forma y modelarse de acuerdo al proceso que se le aplique. La densidad del PEAD varía entre 0.941-0.967 g/cm³, y esta propiedad se controla mediante la incorporación de comonomero al reactor en el proceso de manufactura. Los comonomeros más comunes usados, en el etileno de PEAD, son el propileno, buteno, hexeno y octeno [18].

Según su categoría, el PEAD, es un material termoplástico medianamente cristalino. La cristalinidad del material está influenciada por su masa molecular, la presencia de comonomeros y el proceso de tratamiento térmico al que se someta. La velocidad de enfriamiento de la masa fundida también juega un papel importante en este aspecto; a medida

que esta es más lenta, el material se torna más cristalino. Por ello existe una amplia gama de cristalinidad de la resina PEAD que abarca del 50% al 80% [18].

El PEAD es un material elástico, lo cual tiene que ver con el hecho de que la temperatura ambiente se encuentra por encima de su temperatura de transición vítrea (T_g) del polietileno. Existen tres intervalos de temperatura asignados como T_g del polietileno: -113 a 130, -88 a 37, -43 a -13

➤ Aplicaciones

El PEAD es un termoplástico muy versátil. Las aplicaciones que se le den van de acuerdo a su procedimiento de moldeado, que pueden ser las siguientes:

- Extrusión.
- Moldeo por inyección.
- Inyección y soplado.
- Extrusión y soplado.
- Roto moldeo.

Este material exhibe una alta capacidad de resistencia al impacto y mantiene sus propiedades incluso en condiciones de baja temperatura. Además, presenta características como la impermeabilidad, la inertidad y una baja reactividad [18]. A continuación, se presenta la tabla con la información técnica correspondiente al polietileno de alta densidad:

Table 1 Datos técnicos del Polietileno de Alta Densidad

UNIDAD	VALORES
Densidad g/cm ³ ISO 1183	0,95
Resistencia a la tracción n/mm ² DIN EN ISO 527	28
Resistencia al alargamiento % DIN EN ISO 527	+8
Alargamiento de la rotura %	300
Módulo-E MPa DIN EN ISO 527	850
Resistencia al impacto KJ/m ² DIN EN ISO 179	Sin rotura
Resistencia al impacto en probeta KJ/m ² DIN EN ISO 179	50
Dureza superficial n/mm ² DIN EN ISO 2039-1	45
Dureza shore D ISO 868	66
Expansión lineal coeficiente K-1 DIN 53752	1,8.10 ⁻⁴
Conductividad térmica W/m-K DIN 52612	0.38
Comportamiento ante el fuego	Normal inflamable
Rigidez dieléctrica KV/mm VDE 0303-21	44
Resistencia superficial Ohm DIN IEC 167	10 ¹⁴
Rango de temperatura °C	-100 hasta +80
Resistencia a los productos químicos	Alta resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes
Aceptable fisiológicamente	Si
Soldadura	Si
Refuerzo fibra de vidrio	-
Laqueado, impresión	-
Moldeado en caliente	Posible

Fuente: B.A. Zambrano Román, "Evaluación de las propiedades de Compuestos de

Normativas empleadas en los ensayos

Pruebas de selección del suelo para especímenes

Normativa:

Pruebas basadas en la norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”.

Definición:

Estos procedimientos se realizan en campo y están especificados en la norma E.080, son las correspondientes a la prueba “Cinta de mano” y la prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”. Estas tienen como objetivo determinar que la tierra a utilizar se encuentre apto para la elaboración de unidades de tierra reforzada. De esta manera, se verifica que la materia prima esté libre de cantidades perjudiciales de material orgánico y, además, contenga adecuada cantidad de arcilla. Las dos pruebas en conjunto permiten seleccionar este agregado como apto para elaborar las unidades de tierra reforzada.

Instrumentos:

- Regla de acero graduada o wincha.
- Recipiente para el agua.

Procedimiento:

a) Prueba “Cinta de barro”

Después de humedecer la muestra de suelo, se da moldea manualmente creando un cilindro con un diámetro de 12 mm aprox. Luego, se toma el cilindro en una mano y se aplana utilizando los dedos pulgar e índice, obteniendo una lámina con un espesor cercano a los 4 mm. La lámina se deja extender libremente hasta que se fracture, lo cual se interpreta como un primer indicador positivo para la elección de tierra.

b) Prueba “Presencia de arcilla”

Se lleva a cabo la acción de humedecer una muestra de suelo utilizando la cantidad justa de agua para crear 4 esferas de tamaño reducido en el espacio entre las palmas de las manos, tomando precauciones para evitar que sufran deformaciones al proceso de secado.

A continuación, las 4 esferas son ubicadas en un espacio resguardado de los efectos de la lluvia, derrames y cualquier otro tipo de líquido, permitiendo que pasen un lapso de 48 horas para que se sequen por completo.

Posterior a este tiempo de secado, con los dedos pulgar e índice, se presiona fuertemente cada una de las bolitas. Si alguna de las bolitas se rompe, se vuelve a realizar el mismo proceso.

Ensayos de caracterización del suelo

a) Granulometría

Definición:

Este ensayo determina la composición del agregado, estableciendo el rango de partículas de la muestra de suelo, y se expresa en porcentajes del peso seco total.

Normativa:

Ensayo basado en la norma NTP 339.128

Instrumentos y equipos

- Juego de tamices para los finos: N°04, N°10, N°20, N°40, N°50, N°100, N°200 y la Charola.
- Un cucharón.
- Balanza con aproximación 0.1 g.
- Horno de secado.
- Brochas.
- Escobilla.
- Charolas de aluminio.

Procedimiento:

- Primero, se esparce el material y se cuartea para seleccionar la muestra representativa, seguidamente se pesa y registra.
- Segundo, se satura la muestra y se deja reposar, luego con la ayuda del tamiz N° 200 se lava la muestra y se mete al horno a una temperatura de 110 ° C por no menos de 24 horas.
- Una vez que se retiró y enfrió, se pasa por la serie de tamices ordenada de manera ascendente: #4, #10, #20, #40, #50, #100 y #200, agitando reiteradas veces el tamiz.

- Se pesa en la balanza la cantidad de muestra retenida en cada uno de los tamices, y se registran estos datos en la tabla respectiva. Posteriormente, con los resultados anotados, se realizan los cálculos.

b) Límites de consistencia

Normativa:

Ensayo basado en la norma NTP 339.129

Definición:

Los estados básicos del material del suelo se van a presentar dependiendo a la cantidad de agua que contengan, lo cual hará que el material cambie de una consistencia a otra. Estos límites establecen los contenidos de humedad que marcan la transición entre sus estados del suelo.

Instrumentos y equipos:

- Copa de Casagrande
- Ranurador curvo
- Espátula
- Malla N°40
- Horno c/temperatura constante
- Balanza con aproximación 0.1 g.
- Placa de vidrio
- Franela

Procedimiento:

- Primero se selecciona una cantidad de muestra de tal manera que, posterior al tamizado por la malla N°40, se obtenga una cantidad representativa del material para el ensayo.
- Después, se le coloca en un recipiente y se le vierte una cantidad mínima de agua que logre humedecerlo y todo el suelo pueda tornarse de un color uniforme.

Para determinar Límite Líquido (LL):

- Cuando se logra la consistencia, con la ayuda de una espátula, se coloca una porción de la muestra en la copa de Casagrande, y con la misma herramienta se aplanan y nivelan.

- Se le realiza la ranura con firme trazo en la parte media de la copa y se verifica con qué número de golpes, a razón de dos golpes/s, este logra cerrarse. El rango de golpes debe ser de 40-45, 25-35, y 10-15. Conforme va cumpliendo el primer rango de golpes, se le aumenta la cantidad de agua a la muestra.

-Una vez que se lograra cerrar la abertura, se secciona en tres partes, para tomar la parte del centro y ponerla en la charola previamente pesada.

- Se pesa y registra, y se procede a meter al horno por 24 horas. Se repite el proceso con los dos rangos más de golpes que haya cumplido.

- Pasadas las 24 horas, se retiran las charolas para pesar y registrar.

-Obtenidos estos datos se puede realizar la curva fluidez

Para determinar Límite Plástico

-Aquí se emplea parte de la muestra que sobra en límite líquido, se toma la porción de suelo que está húmeda y se forman pequeñas esferas de 3 cm de diámetro aproximadamente. Con ellas se van a ir formando cilindros pequeños con las manos sobre una superficie lisa, hasta que estos pierdan tal humedad que el material ya no se pegue en las manos, y que presenten fisuras muy pequeñas sin llegar a quebrarse.

-La muestra se coloca en una tara para pesar y registrar.

-Meter al horno y dejar secar 24 horas. Pasado este tiempo retirar la muestra y pesar.

-Calcular el contenido de humedad.

c) Contenido de humedad

Normativa:

Ensayo basado en la norma NTP 339.127.

Definición:

Este ensayo permite definir la cantidad de agua que contiene una muestra de suelo. Es decir, es la relación del peso del agua al peso de las partículas sólidas, expresada en porcentaje.

Instrumentos y equipos:

- Horno de secado capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanza con aproximación 0.1 g.
- Guantes.
- Recipientes.
- Espátula.

Procedimiento:

- Primero, se pesa una muestra de suelo en su estado natural.
- Segundo, se coloca la muestra en una tara y se lleva al horno de temperatura $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Finalmente, retirar la muestra del horno y pesar la tara junto a la muestra seca.

d) Peso específicoNormativa:

Ensayo basado en la norma NTP 339.131

Definición:

Es la relación del peso en aire de la muestra de suelo a cierta temperatura, respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua destilada [20].

Instrumentos y equipos:

- Fiola con volumen de 250 mL.
- Balanza con aproximación 0.01 g.
- Horno de secado.
- Embudo.
- Pipeta.

Procedimiento:

- Seleccionar una muestra de 50 g que haya pasado por el tamiz #4.
- Pesar el frasco volumétrico, y verter la muestra dentro de esta. Posteriormente, llenar el recipiente hasta las tres cuartas partes o a la mitad con agua destilada.
- Eliminar las burbujas de aire agitando el frasco volumétrico.
- Llenar el frasco con agua destilada, limpiar y secar externamente.
- Dejar reposar por 24 horas.
- Pesar la fiola más el peso del agua hasta la marca de calibración.
- Verter todo el contenido en una tara y dejarlo secar en el horno durante 24 horas.
- Pesar la muestra seca.

e) Absorción

Normativa:

Ensayo basado en la norma NTP 400.022

Definición:

Esta prueba proporciona la posibilidad de calcular el incremento en el peso del agregado, expresado en forma de porcentaje, producto del contenido de agua presente en los poros de las partículas de suelo, excluyendo el agua que se adhiere a la parte externa de las partículas del cuerpo absorbente.

Instrumentos y equipos:

- Fiola con volumen de 250 mL.
- Balanza con aproximación 0.01 g.
- Horno de secado.
- Embudo.
- Pipeta

Procedimiento:

El procedimiento es el mismo al descrito para el cálculo de peso específico. Se diferenciarán en formulación.

Ensayos clasificatorios de las unidades de tierra reforzada

a) *Variación dimensional*

Normativa:

- Ensayo basado en la norma NTP 399.613
- Medidas de la unidad basadas en la norma E.080.

Definición:

Las variaciones en las dimensiones son determinantes para la altura de las filas de adobes, puesto que, si hay cambios significativos, será necesario aumentar el espesor de la capa de mortero más allá de lo requerido para lograr una buena adherencia. Por lo tanto, esta característica impacta la resistencia del muro, ya que a medida que aumenta el espesor de la capa de mortero, disminuye la resistencia a la compresión [21].

La norma E.080 establece que el bloque rectangular debe tener una longitud que sea el doble de su anchura, y que la altura del bloque debe estar en el rango de 0.08 m a 0.12 m.

Instrumentos y equipos:

- Regla de acero graduada.
- Brocha.

Procedimiento:

- Identificar los especímenes a ensayar, limpiarlos con una brocha y marcarlos.
- Se realizan las mediciones de cada cara que conforma la muestra, colocando una regla graduada entre los puntos centrales de los bordes.
- Tomar nota de las medidas de largo, anchura y alto de cada ejemplar.

Cálculos:

La medida final se determina mediante el promedio de las dimensiones obtenidas por cada muestra. Y el porcentaje de variación de una medida con respecto a otra se calcula de la siguiente manera:

- Para la *VDL*:

$$VDL (\%) = \left(\frac{LP}{30} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

VDL (%) = Variación dimensional del largo medido de todas las muestras.

LP = Promedio del largo medido de todas las muestras (cm).

- Para la *VDA*:

$$VDA (\%) = \left(\frac{AP}{15} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

VDA (%) = Variación dimensional del ancho medido de todas las muestras.

AP = Promedio del ancho medido de todas las muestras (cm).

- Para la *variación dimensional de altura*:

$$VDH (\%) = \left(\frac{HP}{10} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

VDH (%) = Variación dimensional de altura medido de todas las muestras.

HP = Promedio de altura medido de todas las muestras (cm).

b) Alabeo

Normativa:

Ensayo basado en la norma NTP 399.613.

Definición:

La medida de alabeo hace referencia a la concavidad o convexidad de la superficie de la zona horizontal de las unidades de tierra reforzada. Y guarda una relación directa con el grosor de la unión de mortero, ya que un mayor curvado requerirá una unión más amplia. Asimismo, puede reducir su adherencia con el mortero al generar huecos en las áreas de contacto curvadas, lo que afecta la resistencia y la capacidad de corte del muro [21].

Instrumentos y equipos:

- Regla de acero graduada de 30 cm.
- Varilla con punta redondeada.
- Brocha.

Procedimiento:

- Identificar los especímenes a ensayar.

Para determinar si la superficie tiene una curvatura cóncava, puedes utilizar una vara recta colocada en posición longitudinal o diagonal. Mide la mayor distancia desde la superficie del objeto hasta la parte recta de la vara utilizando una regla graduada. En caso de que los bordes del objeto muestren una forma cóncava, coloca la vara en el borde y utiliza una regla para medir la distancia máxima. Por otro lado, para determinar si la superficie es convexa, coloca la vara recta en posición longitudinal o diagonal y mide la distancia desde cada esquina del objeto hasta la vara utilizando la regla. En caso de que los bordes del objeto muestren una forma cóncava, coloca la vara en el borde y utiliza una regla para medir la distancia máxima.

Cálculos:

- Concavidad = máximo valor de concavidad de superficies y bordes.
- Convexidad = máximo valor de convexidad de superficies y bordes.

c) Resistencia a la compresión de unidades de tierra reforzada

Normativa:

Ensayo basado en la norma E.080.

Definición:

Mediante este ensayo se obtiene la resistencia a la compresión de las unidades de tierra reforzada, resistencia que deberá tener un valor mínimo 10.2 kgf/cm². Según la presente norma, se realiza el ensayo de compresión en cubos con una arista de 0.1m para evaluar la resistencia a la compresión.

Instrumentos y equipos:

- Máquina hidráulica para ensayo de compresión.
- Regla metálica

Procedimiento:

- Identificar cada espécimen y limpiarlos con una brocha.
- Se miden el largo y ancho de ambas caras de los especímenes que se ensayarán a compresión para colocarlos sobre su mayor dimensión.
- Aplicar fuerza hasta que se produzca la rotura.

- Se procede al registro de datos.

Cálculos:

Se calcula al dividir la fuerza de fractura entre el área total del espécimen.

$$f'b = \frac{P}{A} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Donde:

F'c = Resistencia a la compresión.

P = Carga de rotura

A = Área bruta

d) Ensayo brasileño de tracción indirecta

Normativa:

Ensayo basado en la norma E.080

Definición:

Mediante este ensayo se obtiene la resistencia a la tracción de las unidades de tierra reforzada. Es necesario asegurar que el promedio de las cuatro muestras más destacadas tenga un valor igual o superior a 0.81 kg/cm² (0.08 MPa) para cumplir con los requisitos establecidos. La norma E.080 establece que la resistencia a tracción se mide mediante el ensayo brasileño de tracción en cilindros de 6"x12".

A través de este análisis se determina la resistencia a la tracción de las unidades de tierra reforzada, siendo necesario que el promedio de las cuatro muestras más sobresalientes sea igual o superior a 0.81 kg/cm² (0.08 MPa). La norma en mención especifica que la resistencia a la tracción se evalúa a través del ensayo de tracción brasileña en cilindros de 6"x12".

Las muestras deben ser secadas cubiertas de sol y viento de 28 días.

Instrumentos y equipos:

- Máquina hidráulica para ensayo de compresión.
- Regla metálica

Procedimiento:

- Identificar cada espécimen y limpiarlos con una brocha.

- Se mide el diámetro de las caras superior e inferior de los especímenes por donde se fracturará la muestra.
- Colocar el espécimen, al centro de la máquina hidráulica, entre dos placas y de manera recostada.
- Aplicar carga hasta la rotura.
- Se procede al registro de datos.

Cálculos:

$$Ti = \frac{2xP}{\pi xLxD} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P = carga de rotura

L = longitud de la probeta

D = diámetro

Ensayos a los muretes de tierra reforzada

a) Ensayo de resistencia a la compresión en prismas de albañilería

Normativa:

Ensayo basado en la norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”.

Definición:

Se usan los moldes como sistema de transmisión de cargas, para que se realice de una manera uniforme. Con ello, se establece que se debe aplicar una carga axial hasta llegar a la rotura de la muestra la cual debe ser como mínimo de 6.12 kgf/cm². La norma E.080 establece que se debe tener para el prisma, una altura igual a tres veces la menor dimensión de la base.

Procedimiento:

- Elaborar los prismas garantizando verticalidad, empleando plomada y nivel.
- Dejar secar el prisma por 28 días.
- Se miden el largo y ancho de las caras superior e inferior.
- Aplicar carga hasta la rotura.
- Se procede al registro de datos.

Cálculos:

Se obtiene mediante la división de la carga de rotura entre el área bruta del espécimen.

$$f'm = \frac{P}{A} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Donde:

F'm = Resistencia a la compresión.

P = Carga de rotura

A = Área bruta

b) Ensayo de compresión diagonalNormativa:

Ensayo basado en la norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”.

Definición:

Esta establece que debe aplicarse una carga constante de compresión al murete a través de su diagonal hasta llegar a su rotura. La norma E.080 establece que el ensayo se mide en muretes de aproximadamente 0,65m x 0,65m x e_m .

Procedimiento:

- Elaborar los muretes garantizando verticalidad, empleando plomada y nivel.
- Dejar secar el muro por 28 días.
- Identificar cada espécimen y limpiarlos con una brocha.
- Se miden el largo y ancho de las caras superior e inferior.
- Aplicar carga hasta la rotura.
- Se procede al registro de datos.

Cálculos:

Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$f't = \frac{P}{2 * a * e_m} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

Donde:

F't = Esfuerzo de rotura mínimo a tracción indirecta

P = Carga de rotura

a = Largo del murete

e_m = Espesor del murete de adobe.

Materiales y Métodos

Tipo y nivel de investigación

De acuerdo al fin que persigue

La investigación es aplicada, pues se caracteriza por aplicar los conocimientos y los resultados de investigaciones para dar un resultado organizado y sistemático de la realidad, y posibles aspectos de mejora de la misma.

De acuerdo a los datos analizados

Es una investigación cuantitativa. Con base a los datos que se obtendrán de los ensayos, se podrá comprobar la hipótesis predefinida.

Diseño de investigación

La investigación es experimental, ya que se permite conocer los cambios dados en las variables dependientes al modificar la variable independiente. Para este caso, las variables dependientes son las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de tierra reforzada y de muretes, las mismas que se verán modificadas por la variable independiente, que es la proporción que se adiciones de fibras de botellas de plástico y gránulos PEAD.

Estos datos recolectados se obtendrán mediante los ensayos correspondientes para identificar las características de los materiales que constituyen a la unidad de adobe reforzado, como también para determinar las propiedades físicas y mecánicas del bloque propiamente dicho.

Población, muestra y muestreo

Población

La población está representada por las unidades de tierra reforzada.

Muestra

La muestra se conforma por todos los especímenes de unidad de tierra reforzada patrón, y los que tendrán incorporaciones de fibras y gránulos de PEAD en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% respecto al peso seco de la tierra.

Los especímenes serán en su totalidad 33 cubos de 0.1m x 0.1m, 33 cilindros de 6"x12", 21 unidades rectangulares de 0.3m x 0.15m x 0.1m, 14 prismas y 14 muretes.

Muestreo

Muestreo de las unidades patrones y reforzados para los ensayos clasificatorios y no clasificatorios.

Table 2 Muestreo para los ensayos

MUESTREO PARA LOS ENSAYOS					TOTAL
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Cubos 0.1m x 0.1m (28 días)					33
ADICIÓN	MUESTRA PATRÓN	PORCENTAJES DE ADICIÓN			
		0.50%	1%	1.50%	
Fibra PEAD	6	6	6	6	
Granos PEAD		3	3	3	
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Cilindros 6"x12" (28 días)					33
ADICIÓN	MUESTRA PATRÓN	PORCENTAJES DE ADICIÓN			
		0.50%	1%	1.50%	
Fibra PEAD	6	6	6	6	
Granos PEAD		3	3	3	
VARIACIÓN DIMENSIONAL Y ALABEO Unidad rectangular 0.15m x 0.3m (28 días)					21
ADICIÓN	MUESTRA PATRÓN	PORCENTAJES DE ADICIÓN			
		0.50%	1%	1.50%	
Fibra PEAD	3	3	3	3	
Granos PEAD		3	3	3	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES					14
ADICIÓN	MUESTRA PATRÓN	PORCENTAJES DE ADICIÓN			
		0.50%	1%	1.50%	
Fibra PEAD	2	2	2	2	
Granos PEAD		2	2	2	
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN MURETES					14
ADICIÓN	MUESTRA PATRÓN	PORCENTAJES DE ADICIÓN			
		0.50%	1%	1.50%	
Fibra PEAD	2	2	2	2	
Granos PEAD		2	2	2	

Fuente: Elaboración propia

Criterios de selección

Para la recolección de botellas PEAD.

Existen distintas categorías de plásticos, razón por la cual es necesaria una etapa de selección, la que permite obtener de todo el lote, lo que se requiere para la investigación.

En esta etapa se seleccionaron las botellas que sean de polietileno de alta densidad, identificándolas de la siguiente manera:

- *Según su clasificación:* Existe una serie de símbolos triangulares con un número en el interior e iniciales. Se debe observar que estas tengan el símbolo triangular con el número 2 en el interior y las siglas “HDPE” o “PEAD”.
- *Según su apariencia:* Las botellas PEAD, tienen una apariencia particular que se puede visualizar a simple vista, pues el color predominante casi en su totalidad es blanco opaco o de color. Sin embargo, en mucho de los casos, esto no se puede visualizar rápidamente por envolturas de empaques en toda la superficie de la botella.
- *Según su uso:* Generalmente estas botellas son las que contienen o contuvieron dentro productos como detergentes, lácteos, alcohol, entre otros.

Las fibras de PEAD serán de 5 cm de largo y 0.5 cm de ancho, y se obtendrán a través de una etapa de corte manual de forma rápida y sencilla, la misma que consiste en cortar las botellas mediante un aparato hecho con materiales de fácil acceso.

La dirección de corte de las botellas PEAD que corresponde al mejor comportamiento mecánico está directamente relacionado con la orientación de las cadenas del polímero. Esto se debe a que aquellas cadenas orientadas a lo largo del eje de la carga podrán sufrir un alargamiento mayor que aquellas colocadas perpendicularmente.

La orientación de las cadenas del polímero está condicionada por el modo de fabricación de las botellas, las mismas que se someten a un proceso de inyección-soplado, en donde la deformación que sufren sigue la dirección horizontal. Es por ello que las tiras de corte horizontal presentan una alta respuesta al esfuerzo de tracción [9].

Por esta razón, se determina que la orientación de corte de las botellas sea horizontal. De hecho, se espera que esta variable influya significativamente en los ensayos y que sea un factor determinante en los resultados.

Para los gránulos PEAD.

No hubo consideraciones especiales más que el material granulado sea de polietileno de alta densidad, puesto que es un material fabricado y comercializado para la industria de fabricación de objetos plásticos.

Operacionalización de variables

- La variable independiente corresponde a la adición de fibras y gránulos de polietileno de alta densidad, en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% en peso. Pues se observará cuál es la influencia (positiva o negativa) que estos tienen sobre la variable dependiente.
- La variable dependiente corresponde a las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de tierra reforzada, pues su valor va a depender de cómo es que se modifica la variable independiente.

Siendo que para ello se plantea la siguiente hipótesis: La adición de fibras y gránulos de polietileno de alta densidad mejorara las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de tierra reforzada, resultando una mayor resistencia estructural.

A continuación, se presenta la tabla de operacionalización de variables:

Table 3 Operacionalización de variables

VARIABLE		DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN	
TIPO	DESCRIPCIÓN					
INDEPENDIENTE	Fibras de Polietileno de Alta Densidad	Caracterización	Longitud	5 cm	Regla de acero graduada	
			Ancho	0.5 cm	Regla de acero graduada	
	Gránulos de Polietileno de Alta Densidad	Dosificación de fibras de plástico PEAD	0.5%, 1.0% y 1.5% respecto al peso de suelo seco		kg	Balanza con aproximación de 0.01 g
			Caracterización	Diámetro	0.3 cm	Regla de acero graduada
DEPENDIENTE	Propiedades de las unidades de albañilería de tierra reforzada	Propiedades físicas	Variación dimensional	cm	Ensayo de Variación Dimensional	
			Alabeo	cm	Ensayo de Alabeo	
		Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	kg/cm ²	Ensayo Resistencia a la Compresión	
			Resistencia a la tracción	kg/cm ²	Ensayo Brasileño de Tracción Indirecta	
INTERVINIENTE	Composición del suelo	Caracterización	Granulometría por tamizado	%	Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico	
			Límites de Atterberg	%	Método de ensayo para la determinación del límite líquido, límite plástico, y el índice de plasticidad de los suelos.	
			Peso específico	kg/cm ³	Método de ensayo normalizado para el peso específico del agregado fino	
			Absorción	%	Método de ensayo normalizado para el peso específico del agregado fino	
			Contenido de humedad	%	Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	
		Cantidad de arcilla	Plasticidad	-	Pruebas "cinta de barro" y "presencia de arcilla"	

Fuente: Elaboración propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

a) Observación directa.

Esta se caracteriza porque el investigador tiene contacto personalmente con el fenómeno o hecho que pretende investigar, y se consideran los resultados que se obtienen como datos estadísticos originales [19]. En este sentido, se observan las variables en su contexto natural, puesto que la selección del suelo a emplear para los especímenes lo requiere, según la norma E.080, para las pruebas de campo. Además, se obtienen, directa y personalmente, todos los datos de cada ensayo en laboratorio.

b) Análisis de contenido.

Esta técnica permite conocer la documentación sobre el problema que se está desarrollando, así como también interpretar resultados de investigaciones afines a este. Dichas bibliografías se encuentran debidamente citadas.

Instrumentos de recolección de datos

Programa de cómputo

- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel

Procedimientos

Obtención de fibras PEAD

Preparación del material

a) Selección de botellas PEAD

En esta etapa se seleccionaron las botellas que sean de polietileno de alta densidad, teniendo en consideración factores como su clasificación, apariencia y uso, que se encuentra especificado en criterios de selección de muestreo.

b) Limpieza

Las fibras de PEAD deben estar libres de toda impureza y materiales de distinta naturaleza. Por ello es necesaria esta etapa, ya que las botellas PEAD tienen otros componentes en su fabricación.

Para este proceso, se retiran todos los elementos que no sean parte de la botella de PEAD, y que interfieran en su pureza, los cuales pueden ser:

- Pegamento: Generalmente esto se encuentra en una gran parte del envase.
- Aluminio: Pegado en la parte del pico de la botella.
- Polipropileno: Esto se encuentra en forma de tapas, que comúnmente son de tamaño grande.

- PVC, Papel: Ambos materiales en forma de etiquetas que generalmente cubren la mayoría del envase.
- Metal: El caso de las tapas atomizadoras, que contienen un resorte de metal, dentro de ellas, que, a su vez, están hechas de polipropileno.

c) Lavado y secado

A continuación, se lavan las botellas con agua y detergente para remover las impurezas adheridas al plástico, y finalmente se secan por fuera y dentro del envase.

d) Cepillado

Con la finalidad de permitirle mayor rugosidad y adherencia del plástico ante la unión con el adobe, se pasan las botellas por una etapa de cepillado:

- Una vez que las botellas pasaron por el proceso de selección y limpieza, se cepillaron con una escobilla de cerdas de hierro.

Figure 2 Botellas PEAD preparadas



Fuente: Elaboración propia

Elaboración de las fibras PEAD

a) Dispositivo de corte manual de botellas

Se diseñó y fabricó un aparato con el menor número de elementos posibles, que permita el corte de las botellas PEAD en tiras, de tal manera que se facilite y agilice el proceso de laminado.

Instrumentos y equipos:

- Madera de dimensiones 25cm x 5cm x 3cm.
 - Cuchilla de cutter.
 - 4 tornillos de fijación.
 - Sierra.
 - Destornillador.
- Primero, se mide la cuchilla de cutter en el centro del mango de madera y se procede a hacer 4 agujeros, uno en cada extremo para ser fijado más adelante.
 - Segundo, se procede a medir una o más líneas dentro del área de entre los 4 puntos. Y se determina la profundidad de estas según sea el espesor que se requiera de la fibra, para proceder a cortarse con la sierra. En este caso, la profundidad es de 5 mm.
 - Por último, se fija la cuchilla con 4 pernos.

Figure 3 Dispositivo de corte



Fuente: Elaboración propia

b) Corte en fibras

- Una vez que las botellas pasaron por el proceso de selección, limpieza y cepillado, se le corta la parte inferior de la botella, la cual es desechada.
- Se hizo un corte inicial pequeño a la botella para que se le permita entrar por la ranura del aparato.
- Se jaló o tiró de la fibra hasta que se termine de cortar por completo la botella. Y se desechó la parte superior sobrante.
- Finalmente, se cortan en longitudes de 5 cm (con error de +2 cm).

Figure 4 Fibras cortadas



Fuente: Elaboración propia

Ensayos de caracterización del suelo

Pruebas de campo para la selección de suelo

Los agregados empleados para la presente investigación son procedentes de la localidad del centro poblado Boró, del distrito de Pomalca, región de Lambayeque. Para estas pruebas se siguió el procedimiento descrito por la norma E.080 descrito en bases normativas.

a) Prueba “Cinta de barro”

La cinta se dejó descolgar lo mayor posible hasta que llegó a fallar a los 21 cm. Siendo este la primera prueba positiva para la selección del suelo.

b) Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”

Posterior al tiempo de secado de las bolitas de barro, con los dedos pulgar e índice, se presionó fuertemente cada una de las bolitas. Ninguna de ellas se quebró al aplicarle presión con los dedos por lo que no se tuvo que realizar una vez más el procedimiento.

Figure 5 Pruebas para selección del suelo



Fuente: Elaboración propia

Granulometría por tamizado

La muestra que se empleó para este ensayo fue de 400 g, con ellos se realizó el procedimiento descrito por la norma.

La serie de tamices que se emplearon fueron: #4, #10, #20, #40, #50, #100 y #200.

Figure 6 Peso de muestra para Granulometría



Fuente: Elaboración propia

Límites de Atterberg

La cantidad de muestra empleada fue calculada de tal manera que, posterior al tamizado por la malla N°40, se obtenga una cantidad representativa del material para el ensayo. Con ello se realiza el procedimiento descrito por la norma.

Figure 7 Cilindros para hallar límite plástico

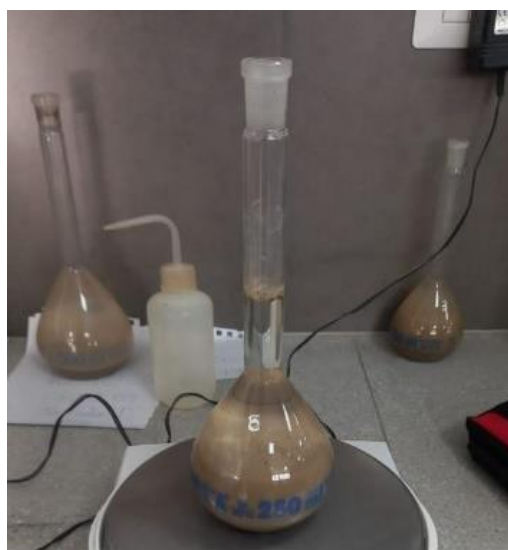


Fuente: Elaboración propia

Peso específico

Se seleccionó una muestra de 50 g de suelo que haya pasado por el tamiz #4. Posteriormente, se realizó el procedimiento según la normativa.

Figure 8 Toma de datos para peso específico



Fuente: Elaboración propia

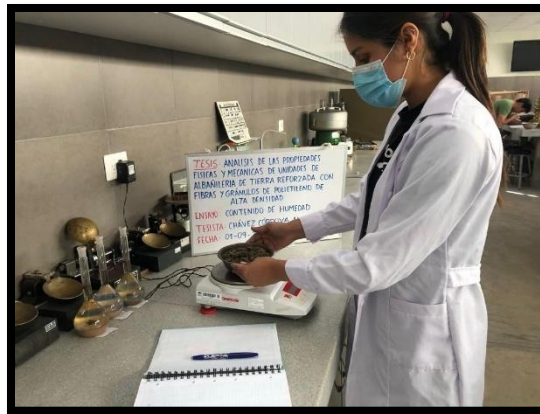
Grado de absorción

El procedimiento es el mismo al descrito para la determinación del peso específico.

Contenido de humedad

Se pesó una muestra de suelo en su estado natural, la cual fue de 595.09 g. Seguido se realizó el procedimiento descrito por la norma.

Figure 9 Pesaje de muestra para contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

Fabricación del adobe

Dosificación

La dosificación con la que se trabajó se hizo en el sitio realizando lo siguiente:

- Se seleccionó una porción de suelo natural de 12 kg, y se le echó el agua hasta llegar a la textura ideal; es decir, que la mezcla no sea muy seca ni muy fluida.
- Se procedió a pesar toda la mezcla para saber la cantidad de agua que se incorporó. Esto arrojó un peso de 14.39 kg, lo que significa que el agua representa el 17% de la mezcla en peso.
- Posteriormente, con dicha mezcla, se elaboró una muestra de adobe en el molde respectivo y se pesó.
- Se le restó el porcentaje representado por el agua, y se obtuvo el peso seco de un bloque. Con ello ya se pudieron obtener los datos de dosificación.

- A manera de comprobación, se comparó con el peso de un bloque hallado con el peso volumétrico compactado, y resultó tener un valor cercano.
- Finalmente, se pesó el material que ingresa en un balde de 18 Lt, para realizar la dosificación en volumen.
- La cantidad de baldes de agua era variable porque el estado de la tierra dependía de factores como el clima, ya que se aplicó la hidratación sostenida durante dos días. Cuando se le colocaba el agua debía ir viéndose la trabajabilidad de la mezcla.

Table 4 Dosificación de fibras y gránulos PEAD

ESTABILIZANTE	Descripción	N° muestras	Peso espécimen (Kg)	Peso PEAD por Tipo de Especimen			TOTAL KG
				0.50%	1.00%	1.50%	
FIBRAS PEAD	Especímenes cúbicos	6	1.65	0.050	0.099	0.149	9.67
	Especímenes cilíndricos	6	8.75	0.263	0.525	0.788	
	Especímenes rectangulares	3	7.43	0.111	0.223	0.334	
	Pilas	2	29.72	0.297	0.594	0.892	
	Muretes	2	89.16	0.892	1.783	2.675	
GRÁNULOS PEAD	Especímenes cúbicos	3	1.65	0.025	0.050	0.074	8.74
	Especímenes cilíndricos	3	8.75	0.131	0.263	0.394	
	Especímenes rectangulares	3	7.43	0.111	0.223	0.334	
	Pilas	2	29.72	0.297	0.594	0.892	
	Muretes	2	89.16	0.892	1.783	2.675	

Fuente: Elaboración propia

Preparación de la tierra

- Se colocó un plástico en el suelo, de la zona donde se realizaría la mezcla, para ser lo más exacto posible con la dosificación y evitar perder o aumentar material de tierra.
- Empleando la dosificación, se tomó el material requerido para cada porcentaje, separándolos unos de otros.
- Se sometió a la tierra a un proceso de “dormido”, el cual consistió en una hidratación sostenida de 2 días, con el objetivo de activar la mayor cantidad de arcilla posible antes de ser amasada.
- Pasado este tiempo, se le añade la pajilla y la adición. Seguidamente, se mezcla uniformemente.
- Se vierte el material en cada molde haciendo presión con el puño.

Ensayos clasificatorios de las unidades de tierra reforzada

Resistencia a la compresión de unidades de adobe

Para estos especímenes se realizaron moldes de madera de arista de 10 cm. Además, se le colocó cinta adhesiva en las paredes internas ya que, debido a su poco peso, estos no podrían desmoldarse por peso propio como lo hacen normalmente con las medidas convencionales.

Una vez que se hayan realizado y desmoldado, se dejan secar de manera lenta durante 28 días para ser transportados al laboratorio. Posterior a ello se procedió ensayar y analizar los resultados.

Figure 10 Especímenes cúbicos antes de ser ensayados



Fuente: Elaboración propia

Ensayo brasileño de resistencia a la tracción

Para poder elaborar estos especímenes, se emplearon moldes de probetas de pvc, a las cuales se le cortaron las tapas inferiores. Se colocó la mezcla a unas tres cuartas partes, se comprimió con la mano y se dieron 15 golpes con un martillo de goma, y se repitió el proceso hasta llenar el molde.

Se colocaron las tapas en la parte superior de los moldes con un peso encima para que estos no se levantaran y permanecieran totalmente verticales. Estas tapas se retiran al día siguiente.

Las probetas permanecieron en el molde durante 4 días; puesto que, si se desmoldaban al instante, estas se asentaban en la parte inferior, producto de su propio peso.

Pasados los 4 días, se voltea la probeta y se retira el molde. Se dejan secar de manera lenta durante 28 días para ser transportadas al laboratorio. Posterior a ello se procedió a ser ensayadas y analizar los resultados.

Figure 11 Especímenes de probetas antes de ser ensayadas



Fuente: Elaboración propia

Variación dimensional y alabeo.

Para estos especímenes se realizaron moldes de madera de 30cm x 15cm x 10cm. Una vez que los adobes se elaboraron, se dejan secar lentamente durante 28 días para ser ensayadas.

Figure 12 Toma de medida para variación dimensional y alabeo



Fuente: Elaboración propia

Ensayos a los muretes de tierra reforzada

Resistencia a la compresión en prismas de albañilería

Para las unidades que conforman los prismas, se realizaron adobes de 30cm x 15cm x 10cm. Estos se dejaron secar por aproximadamente una semana para su respectivo transporte.

Los prismas se elaboraron en el laboratorio, y se inició identificando las unidades de adobe y limpiándolas con una brocha.

Se elaboraron soportes de madera y se construyeron encima de ellas los prismas asegurando la verticalidad de estas haciendo uso de plomada y nivel. Además, también se controló que las juntas sean de 2 a 2.5 cm aproximadamente.

Se han construido 14 prismas de 4 hiladas cada una, de dimensiones aproximadas de 30*15*10 cm (L*B*H), con lo que se obtiene una relación de esbeltez de aproximadamente 2.9.

Al terminar su construcción, se dejaron secar hasta que cumplan 28 días y posteriormente se ensayaron.

Figure 13 Prismas expuestos al secado



Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión diagonal en muretes

Para las unidades que conforman los muretes, se realizaron adobes de 30cm x 15cm x 10cm. Estos se dejaron secar por aproximadamente una semana para su respectivo transporte.

Los muretes se elaboraron en el laboratorio, y se inició identificando las unidades de adobe y limpiándolas con una brocha.

Se elaboraron soportes de madera y se construyeron encima de ellas los muretes asegurando la verticalidad de estas, haciendo uso de plomada y nivel. Además, también se controló que las juntas sean de 2 a 2.5 cm aproximadamente.

Los adobes que tenían que romperse para los muretes, se hicieron con ayuda de una máquina amoladora para asegurar que estas sean en 2 partes iguales.

Se han construido 14 muros de 6 hiladas cada uno, de dimensiones aproximadas de 60*60*10 cm (L*B*H). Al terminar su construcción, se dejaron secar hasta que cumplan 28 días y posteriormente se ensayaron.

Figure 14 Muretes expuestos al secado



Fuente: Elaboración propia

Resultados

Granulometría

Table 5 Tabla de análisis granulométrico

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.2	99.8
N° 10	2.000	0.4	99.6
N° 20	0.850	0.5	99.5
N° 50	0.300	1.1	98.9
N° 100	0.150	9.6	90.4
N° 200	0.075	13.7	86.3
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	0.2
	G. F %	0.2	
% Arena	A.G %	0.2	13.5
	A.M %	0.3	
	A.F %	13.0	
% Arcilla y Limo		86.3	86.3
Total			100.0

Fuente: Elaboración propia

Se determinó la composición granulométrica para conocer la gradación de las partículas que componen al suelo con el que se realizaron las muestras. Como se observa, el suelo está representado en su mayoría por suelo arcilloso, representando un 86.3% de la totalidad, seguido de las arenas con un 13.5%, y finalmente grava con 0.2%.

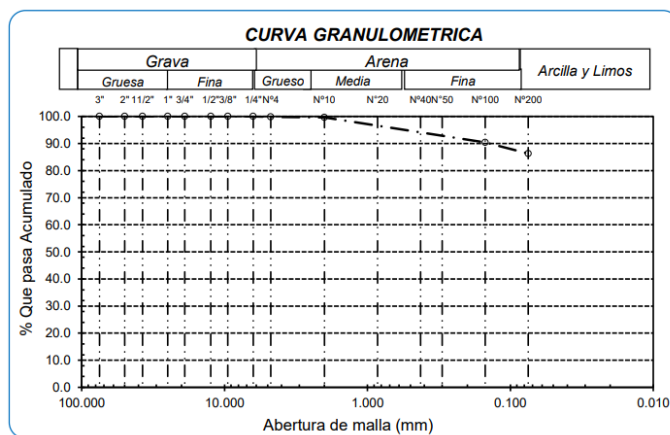
Límites de consistencia

Table 6 Límites de consistencia

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	43.13 (%)
Límite Plástico (LP)	14.46 (%)
Índice Plástico (IP)	28.66 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	
Arcilla de baja plasticidad	
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (16)

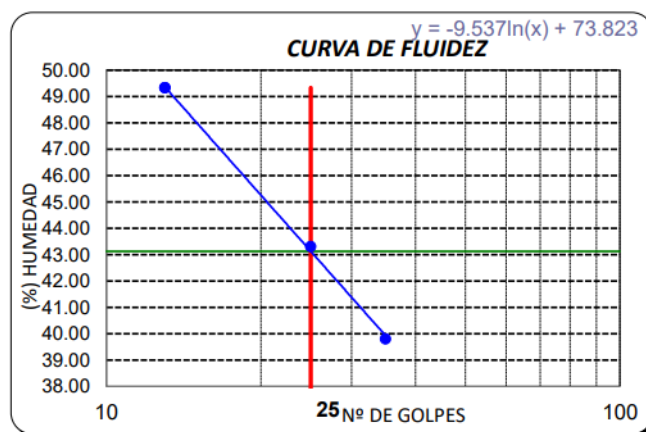
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1 Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2 Curva de fluidez



Fuente: Elaboración propia

Según la clasificación AASHTO, el suelo corresponde a una clasificación CL, correspondiente a arcillas de baja plasticidad.

Contenido de humedad

Table 7 Contenido de humedad

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	595.09
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	536.75
C.- Peso de recipiente	(gr.)	45.7
D.- Contenido de humedad	(%)	11.88

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 7, el contenido de humedad del suelo natural con el que se realizaron los especímenes es de un valor de 11.88%.

Peso específico

El resultado para peso específico para el suelo en estudio es de 2.52 g/cm³.

Table 8 Peso específico

			C-01
1. Nº de fiola			F-2
2. Peso de la fiola		g.	91.64
3. Peso de la muestra de suelo - seco		g.	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola:	(2+3)	g.	141.6
5. Peso de la muestra + Fiola + agua		g.	369.4
6. Peso de la fiola + peso de agua		g.	339.2
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	$(3)/((3+6)-5)$	g/cm ³	2.525

Fuente: Elaboración propia

Absorción

Table 9 Absorción del agregado

1. N° de fiola		F-2
2. Peso de la fiola	g.	91.64
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	g.	141.6
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	369.4
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	339.2
6. Peso seco	g	43.0
7. Grado de absorción (%)		16.279

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 9, el grado de absorción del suelo es de 16.3%

Ensayo de resistencia a la compresión en unidades

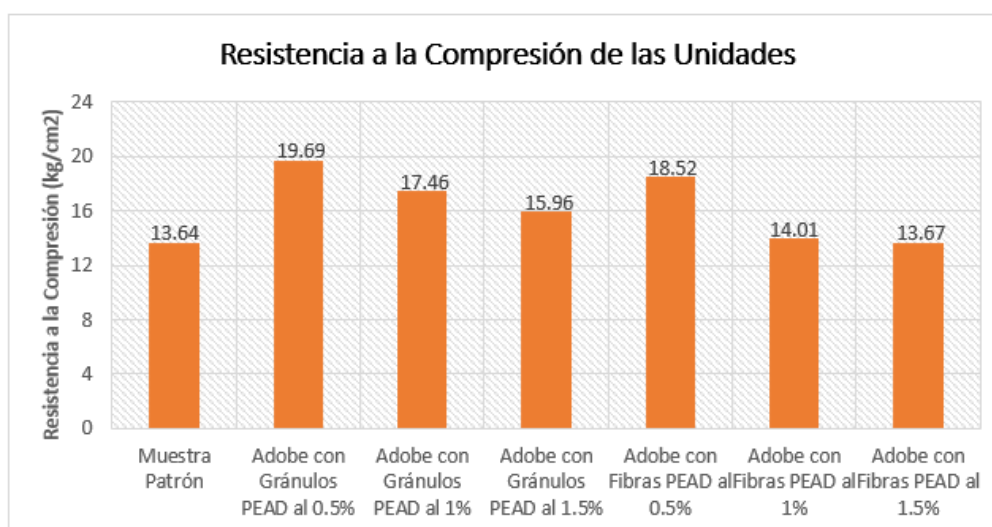
Para los adobes con adición de fibras, se hicieron 6 roturas, de las cuales se promediaron los 4 mejores, y para los adobes con adición de gránulos, se promediaron las 3 únicas roturas ensayadas

Table 10 Resistencia a la compresión en cubos

Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)
Muestra Patrón	13.64
Adobe con Gránulos PEAD al 0.5%	19.69
Adobe con Gránulos PEAD al 1%	17.46
Adobe con Gránulos PEAD al 1.5%	15.96
Adobe con Fibras PEAD al 0.5%	18.52
Adobe con Fibras PEAD al 1%	14.01
Adobe con Fibras PEAD al 1.5%	13.67

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3 Resistencia a la compresión en cubos



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la muestra patrón supera la mínima resistencia a compresión que especifica la norma, la cual indica que debe ser igual o mayor a 10.2 kgf/cm².

La muestra que demostró tener mayor resistencia a la compresión fue el adobe con adición de gránulos de polietileno de alta densidad al 0.5%, seguido del adobe con adición de fibras de polietileno de alta densidad al 0.5%.

Ensayo brasileño de tracción indirecta

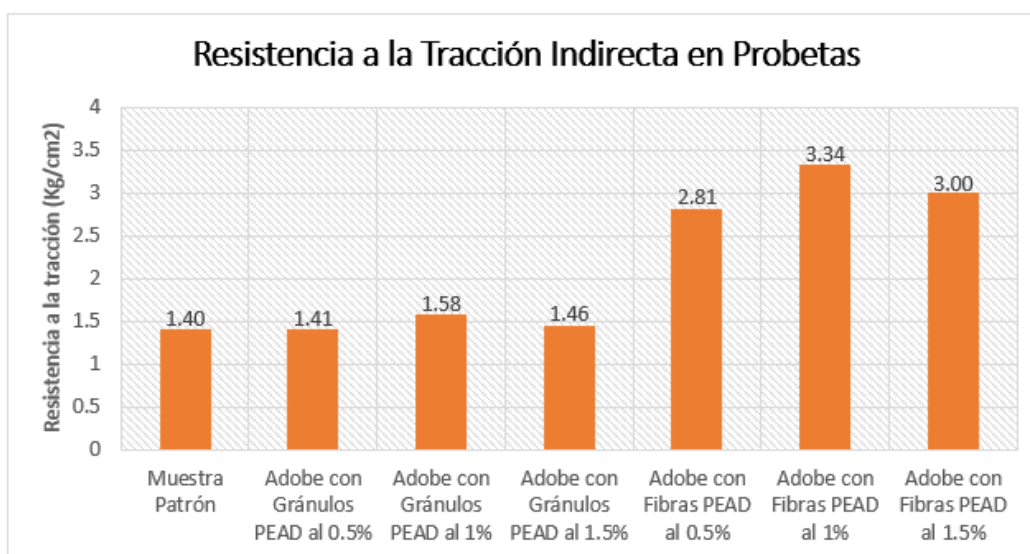
Para los adobes con adición de fibras, se hicieron 6 roturas, de las cuales se promediaron los 4 mejores, y para los adobes con adición de gránulos, se promediaron las 3 únicas roturas ensayadas.

Table 11 Resistencia a la tracción indirecta en probetas

Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)
Muestra Patrón	1.40
Adobe con Gránulos PEAD al 0.5%	1.41
Adobe con Gránulos PEAD al 1%	1.58
Adobe con Gránulos PEAD al 1.5%	1.46
Adobe con Fibras PEAD al 0.5%	2.81
Adobe con Fibras PEAD al 1%	3.34
Adobe con Fibras PEAD al 1.5%	3.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4 Resistencia a la tracción indirecta en probetas



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la muestra patrón supera la mínima resistencia a la tracción que especifica la norma, la cual indica que debe ser igual o mayor a 0.81 kgf/cm².

La muestra que demostró tener mayor resistencia a la tracción fue el adobe con adición de fibras de polietileno de alta densidad al 1.0%, seguido del adobe con adición de fibras de polietileno de alta densidad al 1.5%

Las muestras con gránulos no presentan una mejora significativa frente a este esfuerzo, sin embargo, la tendencia, entre sus tres cantidades, también es que el porcentaje de 1% es el mejor de ellos.

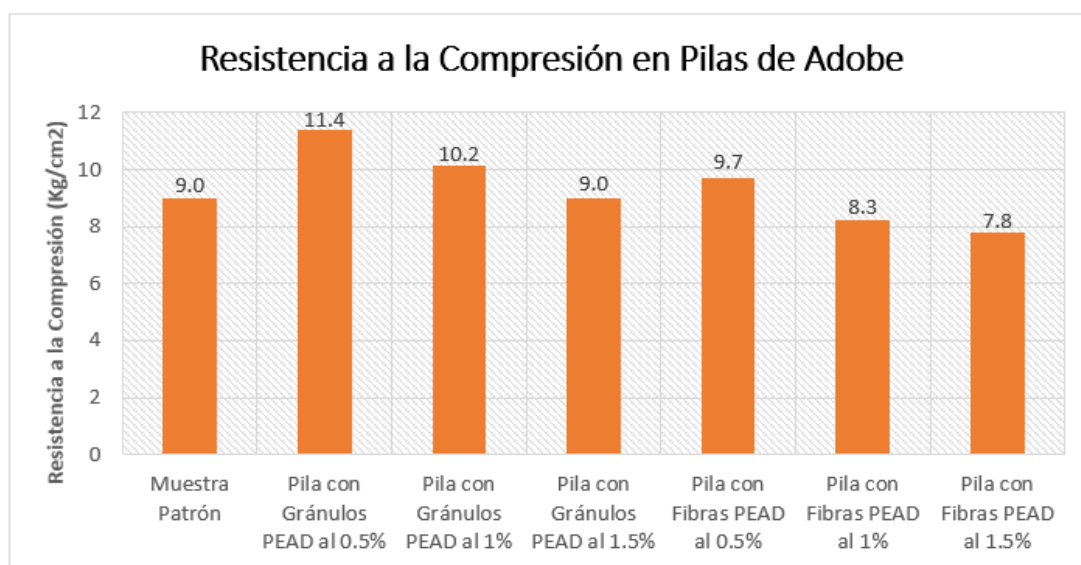
Ensayo de resistencia a la compresión en prismas

Table 12 Resistencia a la compresión en prismas de albañilería

Muestra	Esfuerzo Admisible de la Pila (f'm)	Esfuerzo Admisible de Compresión por Aplastamiento
Muestra Patrón	9.0	11.24
Pila con Gránulos PEAD al 0.5%	11.4	14.26
Pila con Gránulos PEAD al 1%	10.2	12.69
Pila con Gránulos PEAD al 1.5%	9.0	11.24
Pila con Fibras PEAD al 0.5%	9.7	12.16
Pila con Fibras PEAD al 1%	8.3	10.31
Pila con Fibras PEAD al 1.5%	7.8	9.73

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5 Resistencia a la compresión en prismas de albañilería



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la muestra patrón supera la mínima resistencia a compresión que especifica la norma, la cual indica que debe ser igual o mayor a 6.12 kgf/cm².

La muestra que demostró tener mayor resistencia a la compresión fueron los prismas con adición de gránulos de polietileno de alta densidad al 0.5%, seguido de los prismas con adición de fibras de polietileno de alta densidad al 0.5%. Por otro lado, se observa que las fibras a partir de su presencia en 1% disminuye la resistencia a la compresión respecto a la muestra patrón.

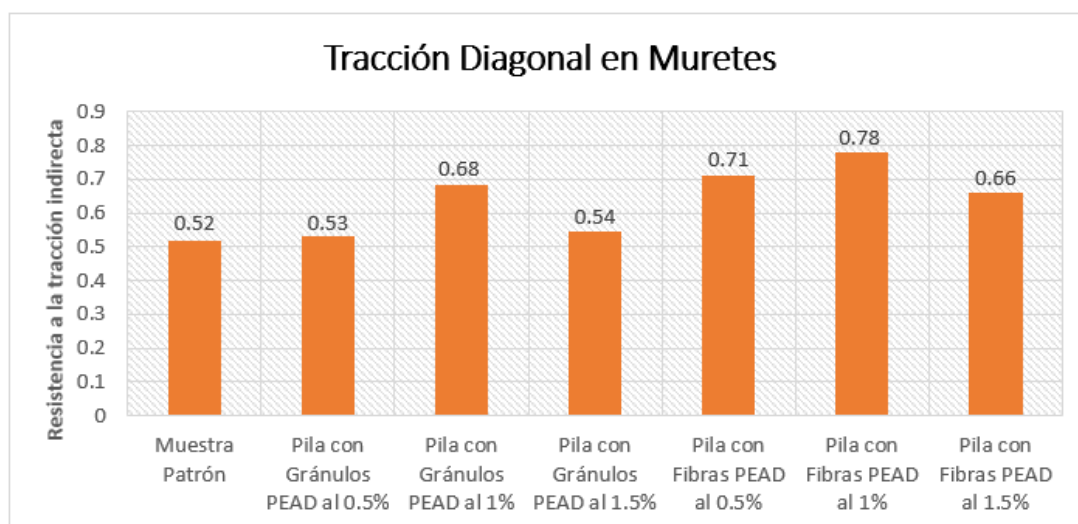
Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes

Table 13 Resistencia a la compresión diagonal en muretes

<i>Muestra</i>	<i>f't</i>	<i>Vm</i>
Muestra Patrón	0.52	0.21
Pila con Gránulos PEAD al 0.5%	0.53	0.21
Pila con Gránulos PEAD al 1%	0.68	0.27
Pila con Gránulos PEAD al 1.5%	0.54	0.22
Pila con Fibras PEAD al 0.5%	0.71	0.28
Pila con Fibras PEAD al 1%	0.78	0.31
Pila con Fibras PEAD al 1.5%	0.66	0.26

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 Resistencia a la compresión diagonal en muretes



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la muestra patrón supera la mínima resistencia a la tracción diagonal que especifica la norma, la cual indica que debe ser igual o mayor a 0.25 kgf/cm².

La muestra que demostró tener mayor resistencia a la tracción diagonal fue el adobe con adición de fibras de polietileno de alta densidad al 1.0%, seguido del adobe con adición de fibras de polietileno de alta densidad al 0.5%.

Entre las muestras con gránulos también se presenta la tendencia en que el porcentaje de 1% es el mejor de ellos.

Ensayo de variación dimensional

La tabla 14, muestra las medidas promedio por cada 3 unidades analizadas para cada tipo de adobe reforzado y patrón.

Table 14 Variación dimensional en unidades de adobe

Identificación	Lp (cm)	Ap(cm)	Hp(cm)	VDL (%)	VDA (%)	VDH (%)
ADOBE PATRÓN	29.5	14.4	8.8	-1.8	-3.8	-12.3
ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	29.5	14.5	8.9	-1.6	-3.3	-11.3
ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	29.6	14.5	9.3	-1.4	-3.1	-7.3
ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	29.7	14.6	9.3	-1.1	-2.9	-7.0
ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	29.5	14.5	8.9	-1.8	-3.3	-11.3
ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	29.6	14.6	9.0	-1.3	-2.9	-10.3
ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	29.6	14.6	9.0	-1.3	-2.7	-10.0

Fuente: Elaboración propia

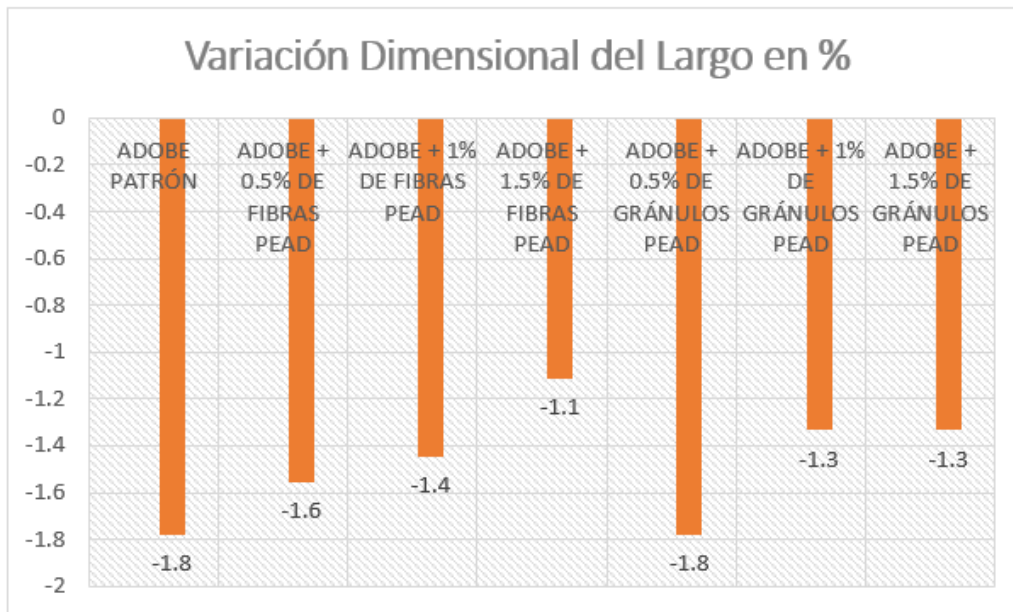
Table 15 Variación dimensional promedio en unidades de adobe

VDLp (%)	-1.5
VDAp (%)	-3.1
VDHp (%)	-10.0

Fuente: Elaboración propia

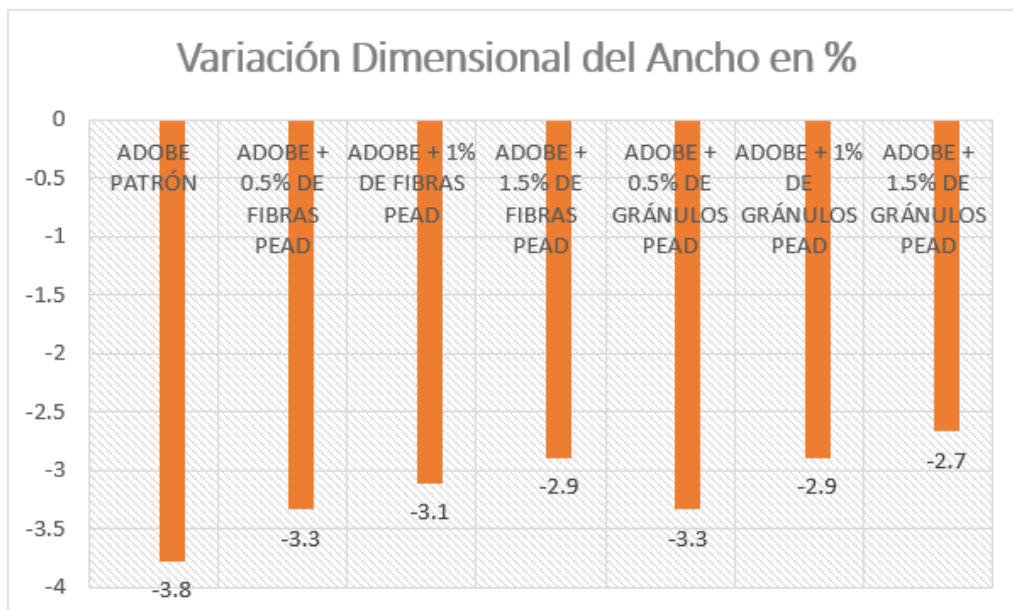
Como se observa en el cuadro, existe una menor variación dimensional con respecto al largo y la altura de los adobes con adición de 1.5% de fibras PEAD; y con respecto a la variación dimensional del ancho, el menor corresponde al adobe con adición de 1.5% de gránulos PEAD.

Gráfico 7 Variación dimensional del largo en %



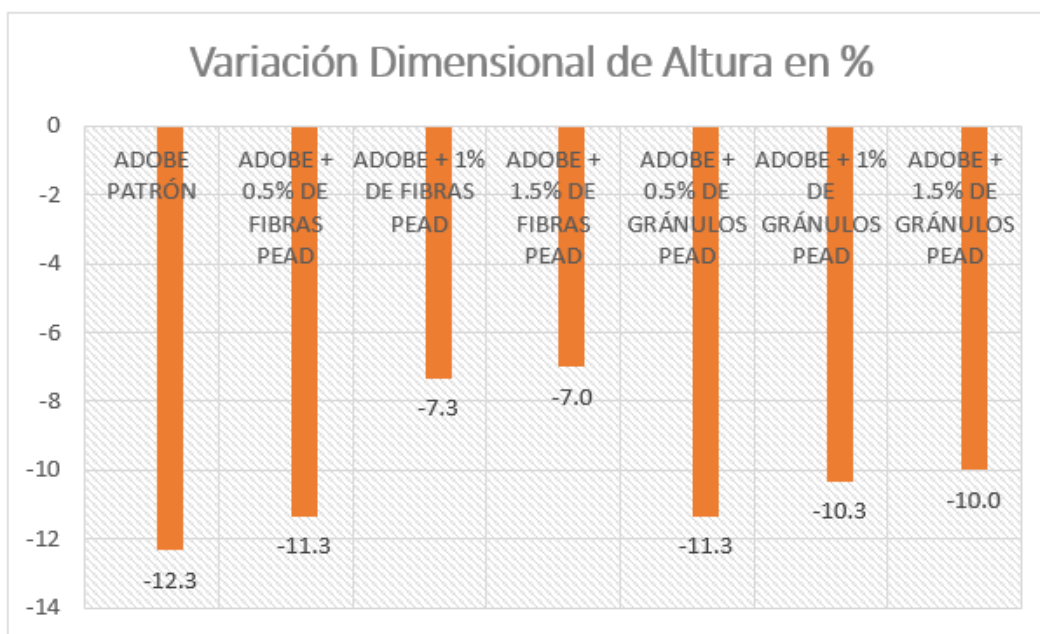
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8 Variación dimensional del ancho en %



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9 Variación dimensional de altura en %



Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Alabeo

Table 16 Ensayo de alabeo

N° Muestra	Identificación	BORDES (mm)		SUPERFICIES (mm)	
		BORDE CÓNCAVO (mm)	BORDE CONVEXO (mm)	SUPERFICIE CÓNCAVA (mm)	SUPERFICIE CONVEXA (mm)
1	ADOBE PATRÓN	4			5
2	ADOBE PATRÓN	3			6
3	ADOBE PATRÓN	4			5
4	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5			7
5	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	4			7
6	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5			6
7	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5			9
8	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5			9
9	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	6			9
10	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	3			10
11	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	4			8
12	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	4			10
13	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5			6
14	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	6			7
15	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5			7
16	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	4			8
17	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	6			8
18	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	5			6
19	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5			5
20	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5			5
21	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	6			4

Fuente: Elaboración propia

Concavidad =	6	mm
Convexidad =	10	mm

Como se puede ver en el cuadro, tenemos distintos valores de convexidad y concavidad para superficies y bordes, de los cuales se extrae el mayor de estos datos; siendo que la concavidad máxima es de 6 mm y la convexidad máxima 10 mm.

Discusión

Resistencia a la compresión en unidades y prismas.

Después de llevar a cabo los ensayos en el laboratorio y analizar los resultados obtenidos, se realizaron las siguientes evaluaciones, comparando los hallazgos de la investigación con los de otros autores:

Bastidas A. Bach, en su tesis titulada “Comparación entre la resistencia de compresión entre un adobe convencional y un adobe hecho con polietileno de baja densidad con agregados extraídos de Colpa Alta – 2019” concluye que se mejora la resistencia a la compresión de los adobes convencionales cuando se añade desde un 0.3% hasta 1% de Polietileno de Baja Densidad respecto de su peso seco. Asimismo, Aznarán M. Guillermo, en su tesis para obtener el grado de ingeniero civil, titulada “Influencia del plástico reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del adobe en el distrito de Santa – Ancash – 2018, obtuvo que, para resistencia a la compresión, el mejor promedio corresponde a la muestra ensayada a los 28 días y con 1% de adición de tereftalato de polietileno con un valor de 20.13 kg/cm². Así como Barturén P. Gino, en su tesis para la obtención del título de ingeniero civil, titulada “Incorporación de fibras de plástico PET reciclado para mejorar el adobe tradicional en el Pueblo Joven El Nazareno-Chiclayo-2020” Concluyó que las fibras PET en un porcentaje de 1.2 del peso del adobe, incrementaron la resistencia a compresión en un 19.90 kg/cm².

Haciendo una comparativa con la adición de Polietileno de Alta Densidad, se encuentra que el adobe alcanza su máxima resistencia a la compresión al incorporarlo en fibras o gránulos en un porcentaje de 0.5% respectivamente. Sin embargo, para esta propiedad, los gránulos desempeñan un mejor comportamiento en comparación a las fibras. Tanto en las unidades de albañilería, siendo que gránulos incrementan en un 44.2% y fibras en un 35.6%; como en los prismas, que gránulos mejoran en un 26.7% y fibras en un 7.8%.

Resistencia a la tracción indirecta y a la tracción diagonal

Aznarán M. Guillermo, en su tesis para obtener el grado de ingeniero civil, titulada “Influencia del plástico reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del adobe en el distrito de Santa – Ancash – 2018” también obtuvo que, para la resistencia a la tracción, el mejor promedio corresponde a la muestra con adición de 1% con un valor de 1.82 kg/cm². Así mismo Barturén P. Gino, en su tesis para la obtención del título de ingeniero civil, titulada

“Incorporación de fibras de plástico PET reciclado para mejorar el adobe tradicional en el Pueblo Joven El Nazareno-Chiclayo-2020” determina que al incorporarle 1.2% de adición de fibra PET, la resistencia a la tracción aumentó en un 1.78 kg/cm². De igual forma, López C. Adderly y Teque C. Tomas, en su tesis para la obtención del grado profesional de ingeniero civil, titulada “Fibras de Coco y su Influencia en Las Propiedades Físico-Mecánicas del Adobe, Chiclayo – 2021” obtuvieron que, para la resistencia a la tracción, el que mejor resultado tuvo fue la adición de 4% respecto al volumen con 2.59 kg/cm², comparado con el valor de adobe patrón de 1.84 kg/cm².

Al hacer la comparativa con la adición de Polietileno de Alta Densidad, se encuentra que el adobe alcanza su máxima resistencia a la tracción al incorporarlo en fibras o gránulos en un porcentaje de 1.0% respectivamente. Sin embargo, las fibras tuvieron un notable aumento de la resistencia a la tracción tanto en probetas como en muretes, demostrando un mejor desempeño que los gránulos. La incorporación de 1% en gránulos supera en 12.9% la resistencia a tracción de las probetas patrón, mientras que las fibras lo superan en 138.57%; en cuanto a los muretes, los gránulos superan la tracción diagonal del patrón en 30.8%, mientras que las fibras lo superaron en un 50%.

En efecto, la adición de 1% de fibras da los mejores resultados para resistencia a la tracción, sin embargo, este porcentaje reduce la resistencia a la compresión en prismas en 8.4%, lo cual significa una desventaja.

Análisis Costo Beneficio

Mejor adición

Matriz de Resultados

Como se viene explicando, los materiales desempeñan un comportamiento para cada propiedad mecánica. Es por la variabilidad de respuesta, por lo que se realiza el análisis de cuál es la adición más beneficiosa para la investigación mediante una matriz de resultados, que permite valorar la información de manera cuantitativa. De esta manera, se garantiza que la elección de la mejor proporción de adición esté fundamentada por la envolvente de todos los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos.

Table 17 Escala de colores para puntaje de matriz de resultados

PUESTO	COLORES	PUNTAJE
1°		7
2°		6
3°		5
4°		4
5°		3
6°		2
7°		1

Fuente: Elaboración propia

Esta escala corresponde a la puntuación que se le dará a cada adición de acuerdo con su resultado en cada ensayo.

Table 18 Matriz de resultados

ENSAYO	Gránulos 0.5%	Gránulos 1%	Gránulos 1.5%	Fibras 0.5%	Fibras 1%	Fibras 1.5%	S.A.	TOTAL
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES	7	5	4	6	3	2	1	28
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PRISMAS	7	6	4	5	2	1	3	28
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA	2	4	3	5	7	6	1	28
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL	2	5	3	6	7	4	1	28
TOTAL	18	20	14	22	19	13	6	

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla, se registró la evaluación correspondiente a cada ensayo en función de los diferentes porcentajes, y se sumaron los resultados tanto en las columnas como en las filas para obtener un total final.

Table 19 Resultados de la matriz

PUESTO	CÓDIGO	PUNTAJE
1°	Fibras 0.5%	22
2°	Gránulos 1%	20
3°	Fibras 1%	19
4°	Gránulos 0.5%	18
5°	Gránulos 1.5%	14
6°	Fibras 1.5%	13
7°	S.A.	6

Fuente: Elaboración propia

Como consecuencia, se determinó la puntuación para cada porcentaje y aditivo, y se encontró que las fibras al 0.5% y los gránulos al 1% obtuvieron los mejores resultados, clasificándose en el primer y segundo lugar, respectivamente.

Basándonos en la matriz, se concluye que el porcentaje de 0.5% de fibras es el más favorable. Asimismo, realizando un análisis cualitativo, se observa que esta adición beneficia notablemente todas las propiedades estudiadas, sin excepción. Los incrementos obtenidos son significativos: se supera en un 35.8% la resistencia a la compresión en unidades y en un 9.7% en prismas, se aumenta en un 100.71% la resistencia a la tracción en probetas y en un 36.5% la tracción diagonal. Este último punto es especialmente relevante en el contexto de la investigación, ya que la capacidad de resistir esfuerzos de tracción durante los movimientos sísmicos es de suma importancia. El adobe convencional por sí solo carece de esta capacidad, lo que resalta aún más la importancia de los resultados obtenidos.

Evaluación económica

En esta sección se evalúa la influencia económica de la adición de estabilizantes en diferentes porcentajes tanto para las fibras como para los gránulos de PEAD. Es importante tener en cuenta que las fibras se elaboran manualmente, mientras que los gránulos son un material prefabricado utilizado como materia prima en la industria del plástico. Para evaluar esto, se llevó a cabo un Análisis de Costos Unitarios (ACU), cuyo desglose se muestra en los anexos. En dichos anexos se detalla el ACU para la fabricación de las fibras, así como el costo por millar de adobe, y finalmente se obtiene el costo por metro cuadrado de muro, tanto para el adobe convencional como para los adobes estabilizados.

Table 20 Resumen de partidas de ACU

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO
1.01	FABRICACIÓN DE FIBRAS PEAD	Kg	13.20
	GRÁNULOS PEAD (DE FÁBRICA)	Kg	7.72
2.01	FABRICACIÓN DE ADOBES CONVENCIONALES	millar	304.25
2.02	FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 0.5% DE FIBRAS PEAD	millar	799.14
2.03	FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 1.0% DE FIBRAS PEAD	millar	1294.01
2.04	FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 1.5% DE FIBRAS PEAD	millar	1788.94
2.05	FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	millar	593.71
2.06	FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 1.0% DE GRÁNULOS PEAD	millar	883.16
2.07	FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	millar	1172.66
3.01	MURO DE ADOBE CONVENCIONAL	m2	53.57
3.02	MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 0.5% DE FIBRAS PEAD	m2	63.47
3.03	MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.0% DE FIBRAS PEAD	m2	73.37
3.04	MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.5% DE FIBRAS PEAD	m2	83.27
3.05	MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	m2	59.36
3.06	MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.0% DE GRÁNULOS PEAD	m2	65.15
3.07	MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	m2	70.94

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se presenta un resumen de las partidas desarrolladas.

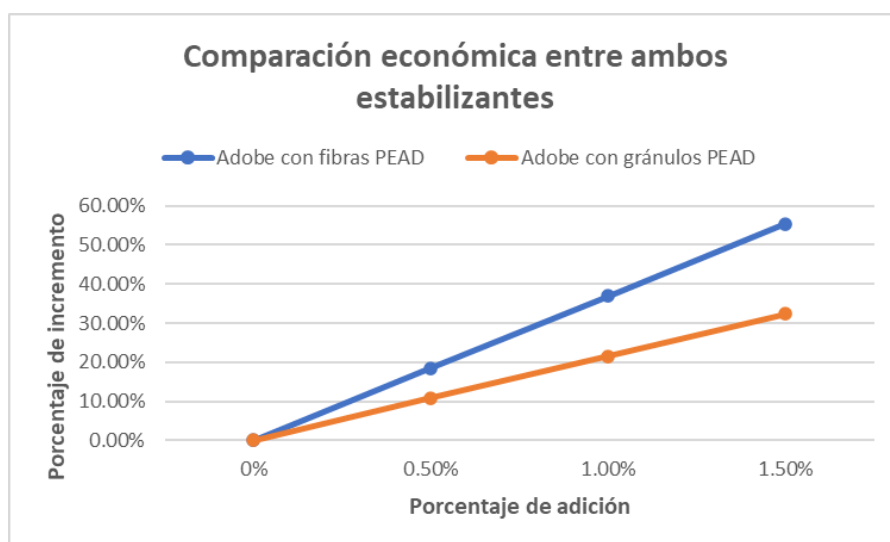
Table 21 Incremento porcentual económico por m2 de muro

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO	INCREMENTO
MURO DE ADOBE CONVENCIONAL	m2	S/ 53.57	0.00%
MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 0.5% DE FIBRAS PEAD	m2	S/ 63.47	18.47%
MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.0% DE FIBRAS PEAD	m2	S/ 73.37	36.95%
MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.5% DE FIBRAS PEAD	m2	S/ 83.27	55.42%
MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	m2	S/ 59.36	10.81%
MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.0% DE GRÁNULOS PEAD	m2	S/ 65.15	21.61%
MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	m2	S/ 70.94	32.42%

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21 muestra el incremento del costo por m2 de muro estabilizado respecto del muro convencional.

Gráfico 10 Comparación económica entre ambos estabilizantes



Fuente: Elaboración propia

Al analizar el gráfico se puede observar que emplear fibras PEAD en adobe es más costoso que usar gránulos PEAD, y que a medida que aumenta el porcentaje de adición, la diferencia económica entre ambos materiales también tiende a incrementar. Existe una diferencia económica entre ambos materiales del 7.7% cuando se agrega un 0.5% de adición a las unidades de adobe, del 15.3% cuando se agrega un 1% de adición, y del 23% cuando se agrega un 1.5% de estabilización.

Basándonos en esta tendencia, se puede analizar económicamente los mejores porcentajes obtenidos en la matriz de resultados. En el caso de las fibras, corresponde al porcentaje de 0.5%, el cual tiene un incremento del 18.47% por m2 con respecto al precio por m2 de muro sin estabilizar. En el caso del mejor porcentaje en gránulos, corresponde al 1%, el cual tiene un

incremento económico del 21.61% por m² con respecto al precio por m² de muro sin estabilizar.

De esta manera queda verificado que, entre los dos mejores estabilizantes obtenidos mediante la matriz de resultados, la incorporación de fibras en 0.5% resulta la opción de menor coste.

Conclusiones

Tras examinar y analizar los resultados obtenidos en este estudio, se llega a la conclusión de que el suelo utilizado en la elaboración de las muestras es clasificado como CL según el Sistema de Clasificación de Suelos Unificado (SUCS). Esta clasificación indica que el suelo tiene una plasticidad baja, lo que lo hace adecuado para la fabricación de adobes. Asimismo, se determinó que la muestra de suelo estudiada contiene un 86% de finos en su composición. Por consiguiente, se constató que las muestras patrón elaboradas con este suelo superaran los parámetros de resistencia establecidos por la norma E080. Los resultados obtenidos en los ensayos fueron los siguientes: una resistencia a la compresión en cubos de 13.64 kg/cm², resistencia a la compresión en prismas de 9.00 kg/cm², resistencia a la tracción en probetas de 13.64 kg/cm², y una resistencia a la tracción diagonal de 0.52 kg/cm².

Se produjeron un total de 115 muestras conforme a los parámetros que indica la norma E.080, que incluyen unidades de tierra reforzada convencionales y muestras estabilizadas con fibras y gránulos de PEAD en diferentes proporciones: 0.5%, 1% y 1.5% con relación al peso del suelo. Los ensayos específicos realizados consistieron en 33 cubos de compresión de dimensiones 0.1 m x 0.1 m, 33 cilindros de tracción indirecta de 6" x 12", 21 unidades rectangulares de 0.3 m x 0.15 m x 0.1 m para evaluar la variación dimensional y el alabeo, así como 14 prismas y 14 muretes para pruebas de compresión y compresión diagonal, respectivamente.

Al analizar los efectos de la adición de fibras en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% en las propiedades mecánicas de las unidades de tierra reforzada, prismas y muretes, se obtuvieron resultados significativos. La resistencia a la compresión en cubos de 10 cm de arista muestra un incremento de 18.52 kg/cm² para la adición de 0.5%, 14.01 kg/cm² para la adición de 1%, y 13.67 kg/cm² para la adición de 1.5%. Asimismo, la resistencia a la compresión en prismas presenta valores de 9.7 kg/cm², 8.3 kg/cm² y 7.8 kg/cm² respectivamente. En cuanto a la resistencia a la tracción en probetas de 15x30 cm, se observa un aumento de 2.81 kg/cm² para la adición de 0.5%, 3.34 kg/cm² para la adición de 1%, y 3.00 kg/cm² para la adición de 1.5%. Finalmente, la resistencia a la tracción diagonal de los muretes muestra valores de 0.71 kg/cm², 0.78 kg/cm² y 0.66 kg/cm² respectivamente.

Con respecto a la adición de los gránulos, al evaluar las propiedades mecánicas de las unidades de tierra reforzada, prismas y muretes mediante su adición en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% respecto al peso seco del bloque, se han obtenido los siguientes resultados relevantes. La resistencia a la compresión en cubos de 10 cm de arista muestra valores de 19.69 kg/cm² para la adición de 0.5%, 17.46 kg/cm² para la adición de 1%, y 15.96 kg/cm² para la adición de 1.5%. Asimismo, la resistencia a la compresión en prismas presenta valores de 11.4 kg/cm², 10.2 kg/cm² y 9 kg/cm² respectivamente. En cuanto a la resistencia a la tracción en probetas de 15x30 cm, se observa un aumento de 1.41 kg/cm² para la adición de 0.5%, 1.58 kg/cm² para la adición de 1%, y 1.46 kg/cm² para la adición de 1.5%. Por último, la resistencia a la tracción diagonal de los muretes muestra valores de 0.53 kg/cm², 0.68 kg/cm² y 0.54 kg/cm² respectivamente.

En relación a las propiedades físicas, se llevó a cabo un análisis de la variación dimensional y el alabeo, considerando especialmente el espesor de la junta vertical y su impacto en la resistencia del muro. En cuanto a la variación dimensional promedio de las unidades, se observó una variación del 1.5% en el largo, 3.1% en el ancho y 10% en la altura. En términos de alabeo, se registraron valores máximos de 6 mm de concavidad y 10 mm de convexidad. Específicamente, se notó que las unidades sin adición presentaron una mayor variabilidad dimensional, lo que podría resultar en una disminución de la resistencia. Sin embargo, al agregar Polietileno de Alta Densidad, la ductilidad del material permitió controlar la retracción plástica durante el secado, lo que contribuyó a mantener las dimensiones de las unidades estables, evitando su variación.

Se llevaron a cabo diversos ensayos físicos y mecánicos, que se detallan en secciones anteriores, y los resultados obtenidos nos conducen a la siguiente conclusión: la resistencia a la compresión experimenta un notable aumento con la adición de gránulos PEAD, alcanzando incrementos de hasta un 44.2% en unidades y un 26.7% en prismas. Por otro lado, la incorporación de fibras PEAD tiene un impacto significativo en la propiedad de tracción, con aumentos de hasta 138.57% en probetas y un 50% en muretes. Se observó que el mejor porcentaje de adición para los gránulos es del 1%, mientras que para las fibras es del 0.5%.

Tras realizar un análisis de costo-beneficio, se llega a la conclusión que la incorporación de fibras PEAD al 0.5% respecto del peso del adobe, es la adición óptima. Esta proporción de estabilizante ofrece beneficios significativos que mejoran todas las propiedades estudiadas,

incluyendo el aumento en un 35.8% de la resistencia a la compresión en unidades y en un 9.7% en prismas, se aumenta en un 100.71% la resistencia a la tracción en probetas y en un 36.5% la tracción diagonal. Con esto, destaca por ser la alternativa de menor costo, teniendo un incremento del 18.47% por m² con respecto al precio por m² de muro sin estabilizar, lo que la convierte en la elección más favorable en términos de eficiencia y economía.

Se describió el proceso de obtención de las fibras PEAD a partir de botellas recicladas. Estas botellas fueron seleccionadas y limpiadas antes de ser cortadas manualmente en fibras de 5 cm de largo y 0.5 cm de ancho. Asimismo, se determinó que la orientación horizontal de corte de las fibras era crucial para su comportamiento bajo carga. Según investigaciones previas, las cadenas de polímero alineadas en la misma dirección que la carga aplicada tienen una mayor capacidad de resistencia y elongación en comparación con aquellas dispuestas perpendicularmente. Este fenómeno de deformación y alineación de las cadenas de polímeros ocurre de forma horizontal en las botellas debido a su método de fabricación por inyección-soplado. En consecuencia, las fibras cortadas horizontalmente ofrecen la mejor respuesta mecánica en este contexto.

Se detalló el procedimiento de fabricación de las unidades reforzadas, el cual es similar al proceso utilizado para las unidades convencionales, con la diferencia de que se presta especial atención a la dosificación de la adición. Donde después de realizar el proceso de “dormido” de la tierra, se añade la adición junto a la pajilla para mezclar uniformemente y verter el material en cada molde haciendo presión con el puño.

Asimismo, se concluye que la adición de fibras de PEAD en el adobe tradicional ha demostrado ser altamente efectiva para mejorar la resistencia a la compresión y tracción. Sin embargo, aunque dicha mejora es clara, es esencial tener en cuenta las implicaciones ambientales de incorporar un material inorgánico como el polietileno de alta densidad en el adobe puesto que la sostenibilidad del adobe convencional podría verse comprometida por la introducción de este componente, lo que plantea la necesidad de un análisis exhaustivo de los impactos ambientales asociados.

Para finalizar, se enfatiza que es crucial considerar cuidadosamente los aspectos medioambientales para garantizar que cualquier innovación en la construcción también cumpla con la sostenibilidad necesaria para abordar los desafíos actuales en términos de cambio climático y conservación de recursos.

Recomendaciones

Se sugiere realizar un análisis exhaustivo de otras técnicas de adherencia entre las fibras PEAD y el adobe. Esta recomendación se basa en que explorar diferentes métodos de adherencia, como tratamientos superficiales, aditivos especiales o modificaciones en la composición del adobe, podría ofrecer soluciones adicionales para mejorar la unión entre las fibras y la matriz de adobe. Este análisis adicional permitiría evaluar y comparar las distintas técnicas de adherencia, determinando cuál es la más adecuada en términos de eficacia, durabilidad y costo. Asimismo, este enfoque de investigación ampliado brindaría una base sólida para optimizar la adherencia entre las fibras PEAD y el adobe, lo que podría contribuir a mejorar aún más las propiedades y el rendimiento del material compuesto resultante.

Se recomienda realizar un estudio sobre un estabilizante que pueda alterar la composición química del adobe, en combinación con la dosificación óptima previamente investigada de 0.5% de fibras PEAD. Esta recomendación se basa en la búsqueda de obtener resultados aún más favorables en las propiedades del adobe. El objetivo es explorar la incorporación de un estabilizante que pueda complementar y potenciar los efectos positivos de las fibras PEAD en el material compuesto.

Se recomienda realizar una evaluación del ciclo de vida y huella de carbono para comprender completamente cómo la introducción de fibras de PEAD afecta el rendimiento ambiental general del adobe convencional modificado. Esto podría incluir la evaluación de la extracción de materias primas, el proceso de fabricación, el uso durante la vida útil y la disposición final. Un enfoque integral permitirá determinar si los beneficios estructurales justifican los posibles impactos negativos en términos de sostenibilidad.

Además, sería relevante explorar posibles alternativas o modificaciones en la composición para minimizar el impacto ambiental. Esto podría implicar la búsqueda de materiales de refuerzo más sostenibles o incluso la investigación de otras técnicas de fortalecimiento que no comprometan la naturaleza ecológica del adobe.

Referencias

[1] INEI. “Características de las viviendas particulares censadas”. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://bit.ly/39pjJqQ> (acceso: abril 2022).

[2] MINAM. “Cifras del mundo y el Perú”. Ministerio del Ambiente. <https://bit.ly/3mP2Jxd> (acceso: abril 2022).

[3] Redacción RPP. “Chiclayo, la ciudad donde el tratamiento de la basura fracasó por la corrupción”. RPP noticias. <https://bit.ly/3HpA7nI> (acceso: abril 2022).

[4] MINAM. “El plástico representa el 10% de todos los residuos que generamos en el Perú”. Ministerio del Ambiente. <https://bit.ly/3zzSAvU> (acceso: abril 2022).

[5] G. J. Aznarán Monzón, “Influencia del plástico reciclado en las propiedades físicas y mecánicas del adobe en el distrito de Santa – Ancash - 2018”, Tesis de pregrado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo, Nuevo Chimbote, Perú, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3NYvOIM>.

[6] E. F. Robalino Sánchez, “La adición de botellas plásticas PET en la elaboración de bloques de adobe para viviendas unifamiliares y su efecto en la variación de temperatura y acondicionamiento acústico en El Cantón Ambato Provincia de Tungurahua”, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3b7ACXt>.

[7] M. E. Acosta Bello y K. L. Pincay Andrade, “Obtención de MasterBach de Polietileno de alta densidad (HDPE) y Polietileno de baja densidad (LDPE) a partir de Cochinilla (*Dactylopius Coccus*)”, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3b6WHFz>.

[8] N. Singh, D. Hui, R. Singh, I. Ahuja, L. Feo, F. Fraternali, “Recycling of plastic solid waste: A state of art review and future applications”, *Composites Part B: Ingeneering*, Vol. 115, pp. 409-422, setiembre 2016. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3Ontmoq>. Acceso: mayo 2022.

[9] A. Vásquez y A. Aznar, “Reused PET fibers as adobe structural reinforcement”, Dpto. de Construcción y Física Estructural, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3b8z6Es>.

[10] E. Olacia, A. Pisello, V. Chiodo S. Maisano, A. Frazzica y L.Cabeza, “Sustainable adobe bricks with seagrass fibres. Mechanical and thermal properties characterization”, *Construction and Building Materials*, Vol. 239, Abril 2020. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3nGnBHt>. Acceso: mayo 2022.

[11] Y. Millogo, J. Morel, J. Aubert, K. Ghavami, “Experimental analysis of Pressed Adobe Blocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers”, *Construction and Building Mterials*, Vol. 52, pp. 71-78, octubre 2013. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3AvaHn7>. Acceso: mayo 2022.

[12] S. G. Bastidas Alva, “Comparación entre la resistencia de compresión entre un adobe convencional y un adobe hecho con polietileno de baja densidad con agregados extraídos de colpa alta – 2019”, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Huánuco, Perú, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3xYWRaX>.

[13] G.M. Barturen Payano, “Incorporación de fibras de plástico PET reciclado para mejorar el adobe tradicional en el Pueblo Joven El Nazareno-Chiclayo-2020”, Tesis de pregrado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima, Perú, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/39AWM40>.

[14] A. López Córdova y T.E. Teque Curo, “Fibras de Coco y su Influencia en Las Propiedades Físico-Mecánicas del Adobe, Chiclayo – 2021”, Tesis de pregrado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil”, Moyobamba, Perú, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/39xDZGE>.

[15] D. Moraga y A. Cruz Sotelo. “Sistema constructivo tradicional adobe”. Universidad Nacional de Ingeniería. <https://bit.ly/3OjIVyB> (acceso: mayo 2022).

[16] J.C. Rivera Torres. “El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales”. Scielo. <https://bit.ly/3xwjQJ3> (acceso: mayo 2022).

[17] D. De la Peña Estrada, “Adobe, características y sus principales usos en la construcción”, Tesis de pregrado, Dpto. Ingeniería de Construcción, Instituto Tecnológico de la Construcción, 1997. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3xBARRY>.

[18] B.A. Zambrano Román, “Evaluación de las propiedades de Compuestos de Polietileno y Carbonato de Calcio”, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción”, Escuela Superior Politécnica del Litoral”, Guayaquil, Ecuador, 2007. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/39Dkj45>.

[19] L. Díaz Sanjuán, “La observación”, texto de apoyo didáctico, Facultad de psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3HABTST>.

[20] *SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo*, NTP 339.131-2019.

[21] R.C. Seminario Colán, “Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura”, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Universidad De Piura, Piura, Perú, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3HBkZDy>.

Anexos

Anexo 1. Análisis de Costos Unitarios.

Figure 15 Anexo 1. ACU parte 1

1.01		FABRICACIÓN DE FIBRAS PEAD				
Unidad	Kg					Costo por: Kg
Rendimiento	5 kg/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					9.60	13.20
Peon	HH	1	1.60	6.00	9.60	
Materiales					2.52	
Botellas	Kg		1.20	2.00	2.4	
Agua	m3		0.02	6.00	0.12	
Equipos y herramientas					1.08	
Dispositivo manual	und		0.10	5.00	0.5	
Cuchilla	und		0.25	0.80	0.2	
Cepillo de hierro	und		0.01	9.00	0.09	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MD		3.00%	9.60	0.288	

2.01		FABRICACIÓN DE ADOBES CONVENCIONALES				
Unidad	millar					Costo por: millar
Rendimiento	1 millar/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					250.00	304.25
Peon	HH	2	16.00	15.625	250.00	
Materiales					46.75	
Suelo	m3		5.06	0	0	
Pajilla	bls		4	10	40	
Agua	m3		1.13	6	6.75	
Equipos y herramientas					7.50	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MD		3.00%	250.00	7.5	

2.02		FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 0.5% DE FIBRAS PEAD				
Unidad	millar					Costo por: millar
Rendimiento	1 millar/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					250.00	799.14
Peon	HH	2	16.00	15.625	250.00	
Materiales					541.64	
Suelo	m3		5.06	0	0	
Pajilla	bls		4	10	40	
Agua	m3		1.12	6	6.71	
Fibras PEAD	kg		37.5	13.20	494.93	
Equipos y herramientas					7.50	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MD		3.00%	250.00	7.5	

2.03		FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 1.0% DE FIBRAS PEAD				
Unidad	millar					Costo por: millar
Rendimiento	1 millar/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					250.00	1294.01
Peon	HH	2	16.00	15.625	250.00	
Materiales					1036.51	
Suelo	m3		5.06	0	0	
Pajilla	bls		4	10	40	
Agua	m3		1.11	6	6.66	
Fibras PEAD	kg		75	13.20	989.85	
Equipos y herramientas					7.50	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MD		3.00%	250.00	7.5	

2.04		FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 1.5% DE FIBRAS PEAD				
Unidad	millar					Costo por: millar
Rendimiento	1 millar/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					250.00	1788.94
Peon	HH	2	16.00	15.625	250.00	
Materiales					1531.44	
Suelo	m3		5.06	0	0	
Pajilla	bls		4	10	40	
Agua	m3		1.11	6	6.66	
Fibras PEAD	kg		112.5	13.20	1484.78	
Equipos y herramientas					7.50	

Fuente: Elaboración propia

Figure 16 Anexo 1. ACU parte 2

2.05 FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 0.5% DE GRÁNULOS PEAD						
Unidad	millar		Costo por: millar			
Rendimiento	1 millar/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					250.00	593.71
Peon	HH	2	16.00	15.625	250.00	
Materiales					336.21	
Suelo	m3		5.06	0	0	
Pajilla	bls		4	10	40	
Agua	m3		1.12	6	6.71	
Gránulos PEAD	kg		37.5	7.72	289.50	
Equipos y herramientas					7.50	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MO		3.00%	250.00	7.5	

2.06 FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 1.0% DE GRÁNULOS PEAD						
Unidad	millar		Costo por: millar			
Rendimiento	1 millar/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					250.00	883.16
Peon	HH	2	16.00	15.625	250.00	
Materiales					625.66	
Suelo	m3		5.06	0	0	
Pajilla	bls		4	10	40	
Agua	m3		1.11	6	6.66	
Gránulos PEAD	kg		75	7.72	579.00	
Equipos y herramientas					7.50	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MO		3.00%	250.00	7.5	

2.07 FABRICACIÓN DE ADOBES ESTABILIZADOS CON 1.5% DE GRÁNULOS PEAD						
Unidad	millar		Costo por: millar			
Rendimiento	1 millar/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					250.00	1172.66
Peon	HH	2	16.00	15.625	250.00	
Materiales					915.16	
Suelo	m3		5.06	0	0	
Pajilla	bls		4	10	40	
Agua	m3		1.11	6	6.66	
Gránulos PEAD	kg		112.5	7.72	868.50	
Equipos y herramientas					7.50	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MO		3.00%	250.00	7.5	

3.01 MURO DE ADOBE CONVENCIONAL						
Unidad	m2		Costo por: m2			
Rendimiento	6 m2/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					46.11	53.57
Peon	HH	2	2.67	17.29	46.11	
Materiales					6.09	
Adobe convencional	und		20.00	0.30425	6.085	
Equipos y herramientas					1.38	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MO		3.00%	46.11	1.3832	

3.02 MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 0.5% DE FIBRAS PEAD						
Unidad	m2		Costo por: m2			
Rendimiento	6 m2/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					46.11	63.47
Peon	HH	2	2.67	17.29	46.11	
Materiales					15.98	
Adobe estabilizado	und		20.00	0.799139	15.98278	
Equipos y herramientas					1.38	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MO		3.00%	46.11	1.3832	

3.03 MURO DE ADOBE ESTABILIZADO CON 1.0% DE FIBRAS PEAD						
Unidad	m2		Costo por: m2			
Rendimiento	6 m2/día					
Descripción	UN	Cuadrilla	Cantidad	P.U.	Parcial	TOTAL
Mano de obra					46.11	73.37
Peon	HH	2	2.67	17.29	46.11	
Materiales					25.88	
Adobe estabilizado	und		20.00	1.29401	25.8802	
Equipos y herramientas					1.38	
Desgaste de herramientas (%Mano de c	%MO		3.00%	46.11	1.3832	

Anexo 2. Recicladora prestadora de servicios

Figure 17 Anexo 2. Botellas almacenadas



Fuente: Elaboración propia

Figure 18 Anexo 2. Pesaje de botellas



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Obtención de fibras y gránulos

Figure 19 Anexo 3. Materiales para dispositivo de corte



Fuente: Elaboración propia

Figure 20 Anexo 3. Limpieza, cepillado y corte



Fuente: Elaboración propia

Figure 21 Anexo 3. Gránulos polietileno de alta densidad



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Extracción del suelo para ensayos de agregado

Figure 22 Anexo 4. Medición y extracción de suelo

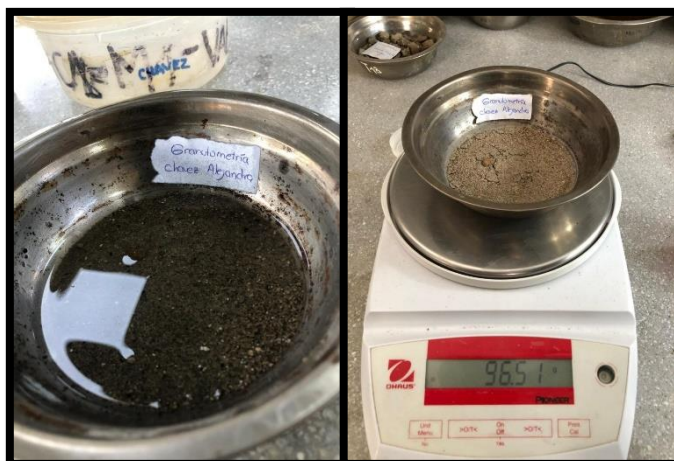


Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Fotografías de la realización de ensayos de agregados

Figure 23 Anexo 5. Saturación del material para granulometría

Fuente: Elaboración propia

Figure 24 Anexo 5. Muestra al horno de granulometría

Fuente: Elaboración propia

Figure 25 Anexo 5. Muestra pasada por malla N° 40

Fuente: Elaboración propia

Figure 26 Anexo 5. Empleando cuchara de casagrande



Fuente: Elaboración propia

Figure 27 Anexo 5. Realización de bastoncillos



Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. realización de especímenes de adobe

Figure 28 Anexo 6. Pesaje de adición



Fuente: Elaboración propia

Figure 29 Anexo 6. Adición del 0.5%, 1% y 1.5% de gránulos PEAD



Fuente: Elaboración propia

Figure 30 Anexo. del 0.5%, 1% y 1.5% de fibras



Fuente: Elaboración propia

Figure 31 Anexo 6. Elaboración de probetas



Anexo 7. Realización de ensayos de rotura

Figure 32 Anexo 7. Ensayo de resistencia a la compresión en unidades



Fuente: Elaboración propia

Figure 33. Anexo 7. Muestras ensayadas



Fuente: Elaboración propia

Figure 34 Anexo 7. Resistencia a la tracción en probetas



Fuente: Elaboración propia

Figure 35 Anexo 7. Probetas después de ser ensayadas



Fuente: Elaboración propia

Figure 36 Anexo 7. Ensayo resistencia a la compresión en pilas



Fuente: Elaboración propia


Figure 37 Anexo 7. Resistencia a la tracción en muretes




Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Ensayos visados

Figure 38 Anexo 8. Ensayo de granulometría



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista: Chávez Córdova Alejandra
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Tesis: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
Lugar: Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión: Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

ENSAYO: SUELO, Método de ensayo para el análisis granulométrico
NORMA DE REFERENCIA: N.T.P. 399 128 1999

Muestra: M-1


Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.2	99.8
N° 10	2.000	0.4	99.6
N° 20	0.850	0.5	99.5
N° 50	0.300	1.1	98.9
N° 100	0.150	9.6	90.4
N° 200	0.075	13.7	86.3

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	0.2
	G.F. %	0.2	
% Arena	A.G. %	0.2	13.5
	A.M. %	0.3	
	A.F. %	13.0	
% Arcilla y Limo		86.3	86.3
Total			100.0



Contenido de Humedad	
	11.9

CURVA GRANULOMETRICA

Grava			Arena			Arcilla y Limos
Gruesa	Fina	Gruesa	Medio	Fina		
3"	2" 1 1/2"	1" 3/4"	1/2"	1/4"	N° 10	N° 20



Y-axis: % Que pasa Acumulado (0.0 a 100.0)
X-axis: Abertura de malla (mm) (100.000 a 0.010)

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Figure 39 Anexo 8. Ensayo de contenido de humedad

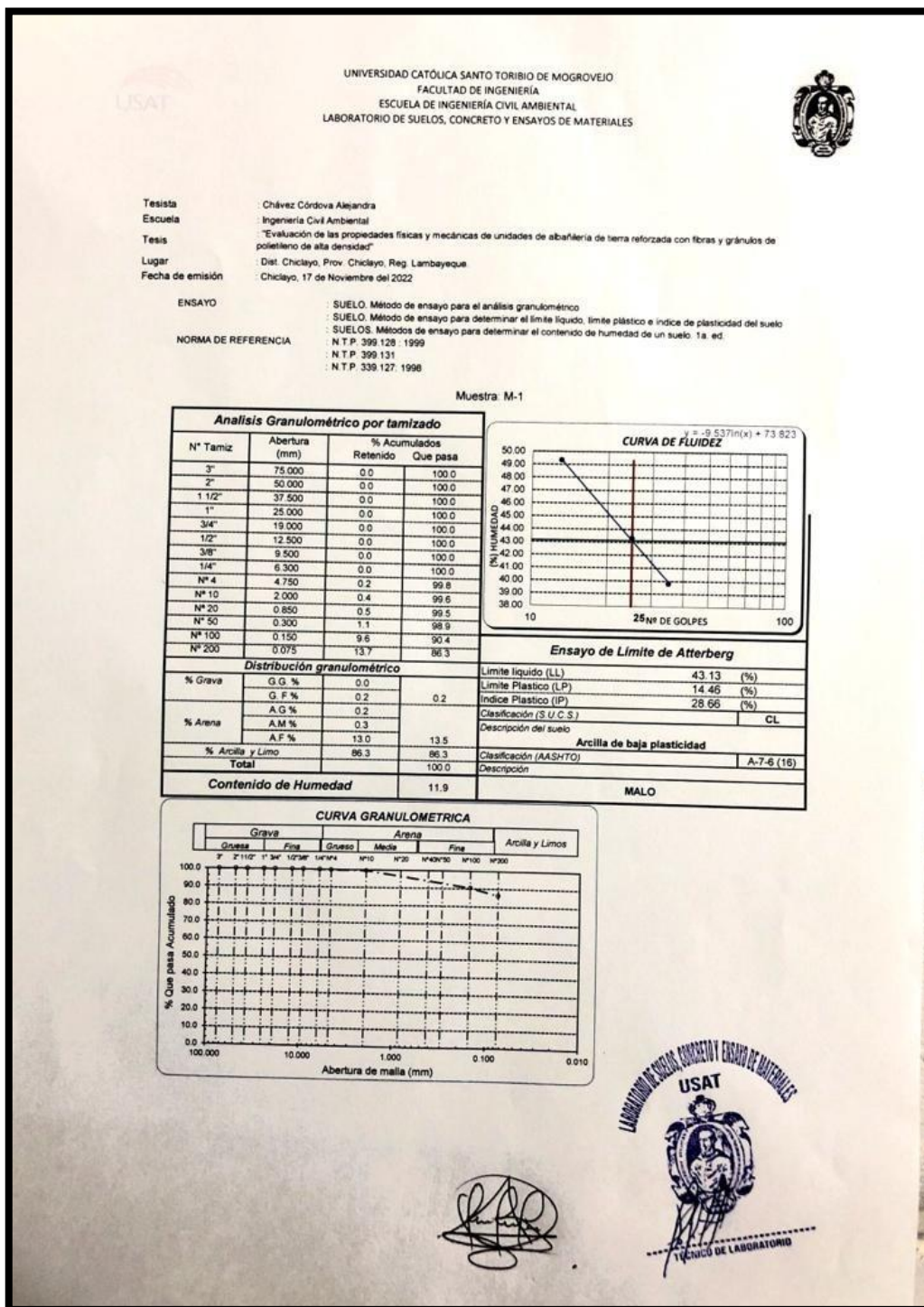




Figure 40 Anexo 8. Ensayo de límites de consistencia

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Chávez Córdova Alejandra
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	595.09
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	536.75
C.- Peso de recipiente	(gr.)	45.7
D.- Contenido de humedad	(%)	11.88





 

Figure 41 Anexo8. Ensayo de peso específico del agregado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES




Tesista : Chávez Córdova Alejandra
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque. **Fecha de emisión** : Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pase la malla Nº 4
 REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

		C-01
1. N° de fiola		F-2
2. Peso de la fiola	g.	91.64
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3)	g.	141.6
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	369.4
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	339.2
7. Peso específico relativo de sólidos (G _s)	(3)/((3+6)-5) g/cm ³	2.525

OBSERVACIONES :
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.








Figure 42 Anexo 8. Ensayo grado de absorción del agregado



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesis : Chávez Córdova Alejandra
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad


Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque. Fecha de emisión :
 Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022


ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 4
 REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

		C-01
1. N° de fiola		F-2
2. Peso de la fiola	g-	91.64
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g-	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	g-	141.6
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g-	369.4
6. Peso de la fiola + peso de agua	g-	339.2
6. Peso seco	g	43.0
7. Grado de absorción (%)	g/cm ³	16.279

OBSERVACIONES :


- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.






USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
FICHA DE LABORATORIO

Figure 43 Anexo 8. Ensayo de variación dimensional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES




Tesista: Chávez Córdova Alejandra
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental
Tesis: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque. Fecha de emisión :
 Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código : NTP 399.613
 Título ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Identificación	<i>Lp (cm)</i>	<i>Ap (cm)</i>	<i>Hp (cm)</i>	<i>VDL (%)</i>	<i>VDA (%)</i>	<i>VDH (%)</i>
ADobe PATRÓN	29.5	14.4	8.8	-1.8	-3.8	-12.3
ADobe + 0.5% DE FIBRAS PEAD	29.5	14.5	8.9	-1.6	-3.3	-11.3
ADobe + 1% DE FIBRAS PEAD	29.6	14.5	9.3	-1.4	-3.1	-7.3
ADobe + 1.5% DE FIBRAS PEAD	29.7	14.5	9.3	-1.1	-2.9	-7.0
ADobe + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	29.5	14.5	8.9	-1.8	-3.3	-11.3
ADobe + 1% DE GRÁNULOS PEAD	29.6	14.6	9.0	-1.3	-2.9	-10.3
ADobe + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	29.6	14.6	9.0	-1.3	-2.7	-10.0
VDLp (%)			-1.5			
VDAp (%)			-3.1			
VDHp (%)			-10.0			








Figure 44 Anexo 8. Ensayo de alabeo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Chávez Córdova Alejandra
UNIVERSIDAD: : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con
Proyecto: fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
LUGAR: : Dnt. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión: : Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código : NTP 399.013
 Título ENBAYO DE ALABEO EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

N° Muestra	Identificación	BORDES (mm)		SUPERFICIES (mm)	
		BORDE CÓNCAVO (mm)	BORDE CONVEXO (mm)	SUPERFICIE CÓNCAVA (mm)	SUPERFICIE CONVEXA (mm)
1	ADOBE PATRÓN	4			5
2	ADOBE PATRÓN	3			6
3	ADOBE PATRÓN	4			5
4	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5			7
5	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	4			7
6	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5			6
7	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5			9
10	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	3			10
11	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	4			8
12	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	4			10
13	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5			6
14	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	6			7
15	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5			7
16	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	4			8
17	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	6			8
18	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	5			6

19	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5		5
20	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5		5
21	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	6		4

Concavidad = 6 mm

Convexidad = 10 mm








Figure 45 Anexo 8. Ensayo de resistencia a la compresión en unidades Parte 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES




TESISTA: Chávez Córdova Alejandra
UNIVERSIDAD: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
Lugar: Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión: Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código E.080
 Título : ESFUERZO MÍNIMO DE ROTURA: COMPRESIÓN A LA UNIDAD

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Área (cm ²)	Carga (P) (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
P-01	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1150	12.9
P-02	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1320	14.6
P-03	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1180	13.2
P-04	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1080	12.0
P-05	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1190	13.2
P-06	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1210	13.5

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.






Figure 46 Anexo 8. Ensayo de resistencia a la compresión en unidades parte 2

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TESISTA: Chávez Córdova Alejandra
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código E.080
Título : ESFUERZO MÍNIMO DE ROTURA: COMPRESIÓN A LA UNIDAD

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Área (cm ²)	Carga (P) (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
F0.5-01	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1360	15.1
F0.5-02	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1610	17.8
F0.5-03	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1710	19.1
F0.5-04	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1720	19.3
F0.5-05	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1550	17.2
F0.5-06	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1550	17.2
F1-01	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1210	13.5
F1-02	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1110	12.4
F1-03	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1170	13.0
F1-04	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1190	13.2
F1-05	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1260	14.0
F1-06	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1370	15.3
F1.5-01	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1150	12.7
F1.5-02	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1220	13.5
F1.5-03	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1240	13.9
F1.5-04	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1210	13.4
F1.5-05	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1210	13.4
F1.5-06	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1370	13.9

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.




 

Figure 47 Anexo 8. Ensayo de resistencia a la compresión en unidades parte 3


 UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TESISISTA: Chávez Córdova Alejandra
 UNIVERSIDAD: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
 Lugar: Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión: Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código E.080
 Título: ESFUERZO MÍNIMO DE ROTURA: COMPRESIÓN A LA UNIDAD

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Área (cm ²)	Carga (P) (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
G0.5-01	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1940	21.5
G0.5-02	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1660	18.4
G0.5-03	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1730	19.2
G1-01	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1700	18.8
G1-02	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1540	17.2
G1-03	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.24	1470	16.3
G1.5-01	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	90.25	1320	14.6
G1.5-02	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1600	17.9
G1.5-03	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	89.3	1370	15.3

OBSERVACIONES:

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


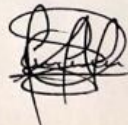





Figure 48 Anexo 8. Ensayo brasileño de tracción indirecta parte 1



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Chávez Córdova Alejandra
UNIVERSIDAD: : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto: : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
Lugar: : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión: : Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código : E.080
 Título : RESISTENCIA A LA ROTURA: ENSAYO BRASILEÑO DE TRACCIÓN INDIRECTA

$F_c = \frac{[2 \times P]}{[3.1416 \times d \times h]}$

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
P-01	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.6	890	1.32
P-02	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.6	910	1.36
P-03	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.4	920	1.37
P-04	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.6	910	1.34
P-05	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.5	940	1.39
P-06	ADOBE PATRÓN	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.5	1010	1.49

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.






Figure 49 Anexo 8. Ensayo de tracción indirecta parte 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Chávez Córdova Alejandra
 UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código : E 080

Título : RESISTENCIA A LA ROTURA ENSAYO BRASILEÑO DE TRACCIÓN INDIRECTA

$$f_c = [(2 \times P) / (3.1416 \times d \times h)]$$


Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
F0.5-01	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.6	1580	2.34
F0.5-02	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.6	1880	2.81
F0.5-03	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.6	1910	2.85
F0.5-04	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.4	1530	2.28
F0.5-05	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.5	1780	2.65
F0.5-06	ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.5	1970	2.91
F1-01	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.5	2220	3.28
F1-02	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.4	2220	3.32
F1-03	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.6	2080	3.09
F1-04	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.4	2150	3.23
F1-05	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.6	2100	3.09
F1-06	ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.6	2370	3.54
F1.5-01	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.6	2020	2.98
F1.5-02	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.5	1990	2.96
F1.5-03	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.6	1980	2.96
F1.5-04	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.4	2070	3.11
F1.5-05	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.6	1870	2.77
F1.5-06	ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.6	1750	2.62

OBSERVACIONES :


- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Figure 50 Anexo 8. Ensayo brasileño de tracción indirecta parte 3



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Chávez Córdova Alejandra
UNIVERSIDAD: : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto: : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad"
Lugar: : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión: : Chiclayo, 17 de Noviembre del 2022

Código : E 080
 Título : RESISTENCIA A LA ROTURA: ENSAYO BRASILEÑO DE TRACCIÓN INDIRECTA

$f_c = \frac{2xP}{3.1416 \times d \times h}$

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
G0.5-01	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.4	29.6	960	1.43
G0.5-02	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.4	930	1.39
G0.5-03	ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.6	950	1.40
G1-01	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.5	1140	1.70
G1-02	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.6	29.6	1020	1.50
G1-03	ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.5	1030	1.53
G1.5-01	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.5	970	1.44
G1.5-02	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.6	970	1.44
G1.5-03	ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	5/10/2022	2/11/2022	28	14.5	29.6	1000	1.48

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.







Figure 51 Anexo 8. Ensayo de resistencia a la compresión en prismas de albañilería



LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios 50608589


Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chidayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitante : CHÁVEZ CÓRDOVA ALEJANDRA
 Proyecto / Obra : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE TIERRA REFORZADA CON FIBRAS Y GRÁNULOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD"
 Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
 Fecha de ensay: Miércoles, 12 de octubre del 2022.


Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión (Ensayos de compresión).
 Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (cm)	tp (cm)	hp (cm)	Área (cm ²)	Carga (Kgf)	F'm (kg/cm ²)
01	Prisma 1 - PATRÓN	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.6	42.0	430.7	3869	9.0
02	Prisma 2 - PATRÓN	14/09/2022	12/10/2022	28	29.6	14.6	43.0	432.2	3862	8.9
03	Prisma 1 - ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.4	14.6	43.0	429.2	3952	9.2
04	Prisma 2 - ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.6	43.0	430.7	4391	10.2
05	Prisma 1 - ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.5	42.5	427.8	3693	8.6
06	Prisma 2 - ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.6	14.5	43.0	429.2	3359	7.8
07	Prisma 1 - ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.6	44.0	430.7	3343	7.8
08	Prisma 2 - ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.6	43.0	430.7	3346	7.8
09	Prisma 1 - ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.6	43.0	430.7	4941	11.5
10	Prisma 2 - ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.6	44.0	430.7	4859	11.3
11	Prisma 1 - ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.5	43.0	427.8	4136	9.7
12	Prisma 2 - ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.5	43.0	427.8	4534	10.6
13	Prisma 1 - ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.6	42.0	430.7	3841	8.9
14	Prisma 2 - ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	29.5	14.5	42.5	427.8	3844	9.0


OBSERVACIONES:
 - lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



Fuente: LABORATORIOS LEMS W&C EIRL

Figure 52 Anexo 8. Ensayo resistencia a la compresión diagonal en muretes

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (cm)	h (cm)	t (cm)	P (Kgf)	ft (Kg/cm2)	Vm (kg/cm2)
01	Murete 1 - PATRÓN	14/09/2022	12/10/2022	28	60	63.0	14.4	850	0.49	0.20
02	Murete 2 - PATRÓN	14/09/2022	12/10/2022	28	59.5	64.0	14.5	941	0.55	0.22
03	Murete 1 - ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	59.5	65.0	14.5	1268	0.73	0.29
04	Murete 2 - ADOBE + 0.5% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	60	64.5	14.4	1193	0.69	0.28
05	Murete 1 - ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	59	64.5	14.5	1418	0.83	0.33
06	Murete 2 - ADOBE + 1% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	60	63.0	14.5	1288	0.74	0.30
07	Murete 1 - ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	60	63.0	14.5	1164	0.67	0.27
08	Murete 2 - ADOBE + 1.5% DE FIBRAS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	59.5	63.0	14.6	1130	0.65	0.26
09	Murete 1 - ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	60	63.0	14.5	812	0.47	0.19
10	Murete 2 - ADOBE + 0.5% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	59.5	63.5	14.6	1045	0.60	0.24
11	Murete 1 - ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	59.5	64.0	14.5	1098	0.64	0.25
12	Murete 2 - ADOBE + 1% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	60	63.0	14.5	1267	0.73	0.29
13	Murete 1 - ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	59.5	63.0	14.4	985	0.57	0.23
14	Murete 2 - ADOBE + 1.5% DE GRÁNULOS PEAD	14/09/2022	12/10/2022	28	60	63.5	14.5	896	0.51	0.21

OBSERVACIONES:
 - l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Fuente: LABORATORIOS LEMS W&C EIRL

Anexo 9. Declaración jurada del autor

DECLARACIÓN JURADA

Yo, **CHAVEZ CORDOVA ALEJANDRA**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° 74300410, domiciliado en la provincia de Chiclayo Av. Pacifico 578 Urb. Quiñones, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 2021-II DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de tierra reforzada con fibras y gránulos de polietileno de alta densidad**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.

Chiclayo, 6 de julio del 2022.



(firma)



Huella
Dactilar