

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
Programa de Doctorado en Ingeniería Civil



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y
características micro estructurales del adobe
con fibras de eucalipto**

**Tesis para optar el grado de Doctor en
Ingeniería Civil**

Autora:

Mg. Villón Prieto, Claudia Rosalía
Código ORCID: 0000-0003-3787-2120

Asesor:

Dr. López Carranza, Atilio Rubén
DNI. N° 32965940
Código ORCID: 0000-0002-3631-2001

Línea de Investigación:
Vivienda de tipo social

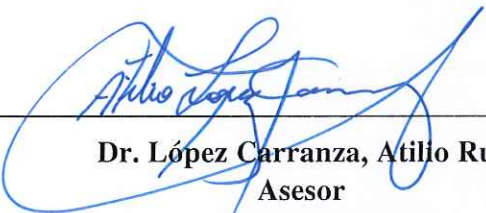
Nuevo Chimbote - PERÚ
2025



CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Yo, **Dr. López Carranza, Atilio Rubén**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la tesis titulada: **“Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto”**, que tiene como autor a la **Mg. Villón Prieto, Claudia Rosalía**, alumna del Doctorado en Ingeniería Civil, ha sido elaborado de acuerdo al Reglamento General de Grados y Títulos en la escuela de posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, octubre del 2025



Dr. López Carranza, Atilio Rubén
Asesor

DNI. N° 32965940

Código ORCID: 0000-0002-3631-2001

AVAL DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Tesis titulada: **“Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto”**, que tiene como autor a la **Mg. Villón Prieto, Claudia Rosalía**.

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

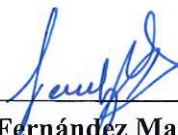


Dr. León Bobadilla, Abner Itamar

Presidente

DNI N° 32942184

Código ORCID: 0000-0003-2948-6591

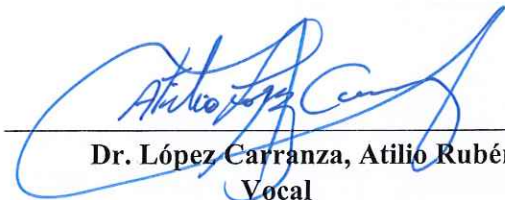


Dra. Fernández Mantilla, Jenisse del Rocio

Secretario

DNI N° 33264434

Código ORCID: 0000-0003-3336-4786



Dr. López Carranza, Atilio Rubén

Vocal

DNI. N° 32965940

Código ORCID: 0000-0002-3631-2001



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los trece días del mes de octubre del año 2025, siendo las 9.00 horas, en el aula P-01 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 427-2025-EPG-UNS de fecha 05.04.2025, conformado por los docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria) y Dr. Atilio Rubén López Carranza (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y CARACTERÍSTICAS MICRO ESTRUCTURALES DEL ADOBE CON FIBRAS DE EUCALIPTO"**; presentado por la tesista **Mg. Claudia Rosalía Villón Prieto**, egresada del programa de Doctorado en Ingeniería Civil.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 841-2025-EPG-UNS de fecha 02 de octubre de 2025.

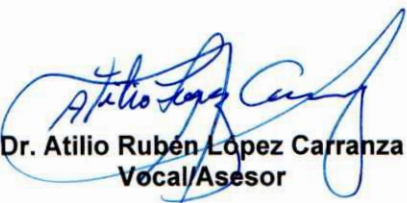
El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como REGULAR, asignándole la calificación de 76.

Siendo las 9.55 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.


Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente


Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Secretaria


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Vocal/Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: CLAUDIA ROSALÍA VILLÓN PRIETO
Título del ejercicio: Turnitin
Título de la entrega: turnitin Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y caract...
Nombre del archivo: turnitin_Análisis_de_las_propiedades_físicas_mecánicas_y_cara...
Tamaño del archivo: 1.04M
Total páginas: 46
Total de palabras: 14,904
Total de caracteres: 83,957
Fecha de entrega: 29-sept-2025 10:02a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2765728223

"Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características
microestructurales del adobe con fibras de eucalipto"

Tesis para optar el Grado de Doctor en Ingeniería Civil

Autora:

Mg. Villón Prieto Claudia Rosalía

DNI N° 18161302

Código ORCID: 0000-0003-3787-
2120

Asesor:

Dr. López Carranza Atilio Rubén.

DNI. N° 32965940

Código ORCID: 0000-0002-3631-
2001

Línea de Investigación

Vivienda de tipo social

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2025

turnitin Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto 2025.doc

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

2%

4

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Tecnologica del Peru

Trabajo del estudiante

<1%

6

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC

Trabajo del estudiante

<1%

8

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

upc.aws.openrepository.com

Fuente de Internet

<1%

10

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Dedicatoria

A Dios por guiar mis pasos y llenar de luz el este camino de mi formación profesional
A mi querida madre Teresa, que con su ejemplo de esfuerzo y perseverancia me enseña
que los sueños se alcanzan con dedicación, a mi hija Fernanda, a mi compañero Martin
y a toda mi familia quienes me sostuvieron en momentos de cansancio y celebran junto
a mi cada avance con su amor.

Agradecimiento

Primeramente, reconozco profundamente a la Universidad Nacional del Santa y a la Facultad de Doctorado de Ingeniería Civil, por permitirme en esta oportunidad de desarrollar esta investigación.

A mi asesor, Dr. López Carranza Atilio Rubén, por su orientación, paciencia y sus valiosas enseñanzas que engrandecieron este trabajo.

A los docentes y compañeros de tesis, por sus contribuciones y motivación constante.

A mi familia, por su apoyo emocional y moral siempre.

Supremamente, a Dios, por darme salud, la sabiduría y fortaleza necesarias para cumplir este objetivo.

Índice general

	Pág.
Certificación del asesor	ii
Certificación del jurado evaluador	iii
Acta de sustentación	iv
Recibo de Turnitin.....	vii
Reporte porcentual del Turnitin.....	viii
Dedicatoria	ix
Agradecimiento	x
Índice general	xi
Lista de tablas	xiii
Lista de figuras	xv
Lista de fotos	xvi
Lista de ecuaciones.....	xvii
Lista de anexos	xviii
Resumen	xix
Abstract	xx
 I. Introducción	 21
1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación	21
1.2. Formulación del problema de investigación	23
1.3. Objetivos de la investigación: General y específicos.....	23
1.4. Hipótesis central de la investigación.....	24
1.5. Justificación e Importancia de la investigación.....	24
 II. Marco Teórico	 26
2.1. Antecedentes de la investigación	26
2.2. Marco conceptual	45

III.	Metodología	51
3.1.	Métodos de la investigación	51
3.2.	Diseño o esquema de la investigación (cuasi - experimental):	51
3.3.	Población y muestra	52
3.4.	Operacionalización de Variables.....	57
3.5.	Técnicas e instrumentos de investigación	59
3.6.	Procedimiento de la recolección de datos	60
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados	61
IV.	Resultados y discusión	62
4.1	Resultados	62
4.2	Discusión.....	74
V.	Conclusiones y Recomendaciones	80
5.1	Conclusiones	80
5.2	Recomendaciones.....	81
	Referencias Bibliográficas.....	83
	Anexos	95

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Distribución de especímenes por ensayo y grupo experimental	53
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	57
Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422).....	62
Tabla 4. Resultados del contenido de humedad y densidad del adobe (ASTM D2216)	63
Tabla 5. Resultados de porosidad, absorción y peso específico del adobe	64
Tabla 6 Resultados de la resistencia a la compresión del adobe con diferentes porcentajes de fibra de eucalipto	66
Tabla 7. Resultados de la resistencia a la flexión del adobe con diferentes porcentajes de fibra de eucalipto	67
Tabla 8. Microestructura del adobe sin fibras de eucalipto (observación microscópica)	68
Tabla 9. Microestructura del adobe con 3% de fibra de eucalipto (observación microscópica)	69
Tabla 10. Características microestructurales observadas en los adobes con distintos porcentajes de fibra	70
Tabla 11. Resultados del análisis ANOVA para la resistencia a la compresión y flexión	72
Tabla 12. Comparación post-hoc (Tukey) entre los grupos de adobes según porcentaje de fibra.....	73
Tabla 13. Matriz de Consistencia de la investigación	96
Tabla 14. Resultados de la validación de instrumentos por juicio de expertos	112
Tabla 15. Límites de Atterberg.....	115
Tabla 16. Resumen del Límites de Atterberg	115
Tabla 17. Resumen general de clasificación de suelos.....	116

Tabla 18. Análisis Granulométrico.....	116
Tabla 19. Cantidad de ensayos con muestras de adobes fabricadas con fibra de eucalipto y adobe patrón.....	118
Tabla 20. Cantidad de muestras de adobes fabricadas con fibra de eucalipto.....	120
Tabla 21. Resistencia a compresión de unidad de adobe sin fibra del eucalipto.....	120
Tabla 22. Resistencia a compresión de unidad de adobe con fibra del eucalipto.....	121
Tabla 23. Resistencia a flexión de unidad de adobe con fibra del eucalipto	122
Tabla 24. Resistencia a flexión de unidad de adobe sin fibra del eucalipto	122
Tabla 25. Resultados de límites de Atterberg (ASTM D4318 / MTC E-110, E-111).	127

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Análisis de las propiedades físicas, mecánicas.	50
Figura 2 Distribución de los especímenes según el tipo de ensayo.....	55
Figura 3. Ubicación geográfica de Laredo, Departamento de La Libertad	107
Figura 4. Muestra de Adobe con fibra de eucalipto.	119
Figura 5. Placa fría.....	124
Figura 6. Poliestireno Extruido (XPS).....	126

Lista de fotos

	Pág.
Foto 1. Eucaliptos en Laredo, Departamento de la Libertad	107
Foto 2. Preparación de la tierra.....	108
Foto 3. Lavado de gavera con arena	108
Foto 4. Envolver el barro con arena antes de colocarlo a la gavera	109
Foto 5. Colocar el barro en la gavera y moldeado.....	109
Foto 6. Lavado de regleta de palo y nivelar el moldeado.....	110
Foto 7. Colocar el adobe sobre la arena para su secado	110
Foto 8. Secado	111

Lista de ecuaciones

	Pág.
Ecuación 1. Contenido de humedad promedio natural.....	114
Ecuación 2. Flujo de calor	123

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1: Matriz de consistencia	96
Anexo 2: Validación de Instrumentos por Juicio de Expertos	98
Anexo 3: Ubicación geográfica	107
Anexo 4: Panel fotográfico.....	107
Anexo 5: Formatos propuestos de ensayos	112
Anexo 6: Ensayo de laboratorio	128

Resumen

El estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de la incorporación de fibras de eucalipto en las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe y así mejorar su desempeño estructural y promover su uso como material de construcción sostenible, se utilizó un diseño experimental, con una muestra de 52 muestras, se evaluó el adobe elaborado con diferentes proporciones de fibra (0%, 1.5%, y 3%). Los ensayos de compresión y flexión, según la Norma Técnica Peruana NTP 339.604, NTP 339.613 y Norma E.080. Los resultados revelaron que la adición del 3% de fibra de eucalipto incrementó la resistencia a la compresión en un 33.6% y la resistencia a flexión en un 40.9% (MPa) en comparación con el adobe sin refuerzo y disminución significativa de fisuras en los adobes reforzados con mayor homogeneidad en su distribución interna de la matriz arcillosa, lo que favoreció la adherencia entre los componentes y una microestructura más compacta. El análisis ANOVA evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los grupos, confirmando la hipótesis planteada, estos hallazgos confirmaron que la incorporación controlada de fibras de eucalipto mejoró de manera significativa las propiedades físicas y mecánicas del adobe. Se evidencio una alternativa viable y sostenible para optimizar las construcciones en adobe, como un refuerzo natural viable para la producción de materiales de construcción sostenibles y de bajo impacto ambiental.

Palabras clave: adobe, fibras vegetales, propiedades mecánicas, construcción sostenible.

Abstract

The study aimed to analyze the effect of incorporating eucalyptus fibers into the physical, mechanical, and microstructural properties of adobe in order to improve its structural performance and promote its use as a sustainable building material. An experimental design was used, with a sample of 52 specimens. and adobe made with different fiber proportions (0%, 1.5%, and 3%) was evaluated. Compression and flexural tests were performed in accordance with Peruvian Technical Standards NTP 339.604, NTP 339.613, and Standard E.080. The results revealed that the addition of 3% eucalyptus fiber increased compressive strength by 33.6% and flexural strength by 40.9% (MPa) compared to unreinforced adobe and a significant reduction in cracks in the reinforced adobe with greater homogeneity in its internal distribution of the clay matrix, which favored adhesion between the components and a more compact microstructure. ANOVA analysis showed statistically significant differences ($p < 0.05$) between the groups, confirming the hypothesis. These findings confirmed that the controlled incorporation of eucalyptus fibers significantly improved the physical and mechanical properties of adobe. A viable and sustainable alternative for optimizing adobe construction was demonstrated, as a viable natural reinforcement for the production of sustainable building materials with low environmental impact.

Keywords: adobe, plant fibers, mechanical properties, sustainable construction.

I. Introducción

1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

En los últimos 15 años, Sánchez, Varum, Martins y Fernández (2022) realizaron estudios experimentales en varios países para investigar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe. Compararon los resultados de los estudios revisados para identificar diferencias entre los distintos tipos de correlación. Este trabajo resumió estas dependencias, sugiriendo su uso para la reconstrucción de compilaciones de adobe. Sin embargo, los resultados mostraron que las regulaciones variaban frecuentemente según las circunstancias locales.

El uso de materiales estabilizados por compresión (CSEB) en ingeniería civil a nivel mundial han crecido, se consideraron alternativas a los ladrillos quemados y al cemento. Aunque el cemento fue el estabilizador más común, los bloques de suelo compactado (BTC) también han sido ampliamente analizados. A pesar de los avances, el adobe sigue siendo relevante debido a su disponibilidad, bajo costo e inercia térmica. Estudios como el de Malkanthi, Wickramasinghe y Perera (2021) investigaron métodos para optimizar las propiedades mecánicas del adobe, destacó cuando fue usado en construcciones residenciales importantes.

Un estudio sobre la fabricación de adobe a partir de caña de azúcar destacó que las propiedades mineralógicas y geotécnicas del suelo utilizado (incluidos cuarzo, caolinita y goethita) lo hicieron apto para la producción de adobe. Ouedraogo et al. encontraron que el bagazo de caña de azúcar incluyó especialmente celulosa, hemicelulosa, lignina y un pequeño contenido de sacarosa, y agregar un 4% en volumen mejoró las propiedades mecánicas del adobe y reducir la absorción de agua y la conductividad térmica (2023).

Además, últimas investigaciones demostraron que la dosificación y la longitud de las fibras vegetales poseen una consecuencia crítica sobre el comportamiento mecánico

del adobe, el estudio *Adobe Blocks Reinforced with Vegetal Fibres: Mechanical and Thermal Characterisation* se encontró que la incorporación de fibras vegetales entre 1 y 3 % en peso, con longitudes entre 10-30 y 30-60 mm, ocasionaron progresos significativos en la resistencia a compresión del adobe (por un 50 %) y disminuciones significativas en la conductividad térmica, lo que repercutió además en la estabilidad microestructural y la durabilidad frente a la humedad. Se detectó el aporte de la hipótesis en el tipo de fibra (su composición celular, contenido de lignina, superficie rugosa, etc.) además con su geometría y proporción en la mezcla, influyeron directamente en las propiedades físicas y mecánicas del material, con Rocco, Vicente, Rodrigues y Ferreira, (2024).

De esta manera, los estudios sobre fibras naturales diferentes al eucalipto manifestaron mecanismos que pudieron ser trasladables en el caso de *Experimental evaluation of adobe mixtures reinforced with jute fibers* se analizaron diferentes dosificaciones (0,5-2 % en peso) y longitudes (7, 15, 30 mm) de fibras de yute; sus resultados evidenciaron que con un contenido moderado de fibra, se mejoró la capacidad de control en la fisuración, aumento la tenacidad a la flexión y optimizó la resistencia al desgaste por agua, sin complicar significativamente la resistencia a compresión si la fibra se encuentra bien integrada. Estos hallazgos sugirieron que el eucalipto, dada su naturaleza fibrilar y composición química (celulosa, lignina, etc.) podría comportarse de manera similar si se optimizaron sus parámetros (contenido, longitud, tratamiento previo) y se analizó su microestructura para entender la interacción entre las fibras y la matriz del adobe con Burbano, Araya, Astroza y Silva (2022).

1.2. Formulación del problema de investigación

El enfoque se centró en mejorar las características del adobe, un material de construcción común en muchas regiones, se encontró que presento baja resistencia mecánica y poca durabilidad, vulnerable a sismos, se encontraron no existes suficientes estudios con fibras de eucalipto en el contexto local, esto llevo al estudio de los factores climáticos y estructurales. Esta incertidumbre sobre la eficacia de su aplicación en el uso de las viviendas seguras y sostenibles, lo que identificó el problema a abordar.

Problema general:

¿Cuál es el efecto de la incorporación de fibras de eucalipto en diferentes porcentajes sobre las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe de Laredo?

Problemas específicos:

¿Cómo varían las propiedades físicas (densidad, porosidad y absorción) del adobe al incorporar 1%, 2% y 3% de fibras de eucalipto respecto al adobe convencional?

¿En qué medida la adición de fibras de eucalipto mejora la resistencia mecánica a la compresión y flexión del adobe en comparación con el adobe sin fibras?

¿Qué cambios microestructurales se presentan en el adobe con fibras de eucalipto y cómo se relacionan con sus propiedades físicas y mecánicas?

1.3. Objetivos de la investigación: General y específicos

Objetivo general:

Analizar el efecto de la incorporación de fibras de eucalipto en las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe, a fin de determinar su influencia en la calidad y resistencia del material.

Objetivos específicos:

Identificar las propiedades físicas del adobe elaborado con diferentes porcentajes de fibras de eucalipto.

Evaluar la resistencia mecánica del adobe reforzado con fibras de eucalipto y compararla con la del adobe tradicional.

Describir y analizar los cambios microestructurales que se producen en el adobe al incorporar fibras de eucalipto, relacionándolos con sus propiedades físicas y mecánicas.

1.4. Hipótesis central de la investigación

Hipótesis General

La incorporación de fibras de eucalipto en porcentajes de 1%, 2% y 3% mejora significativamente las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe en comparación con el adobe convencional.

1.5. Justificación e Importancia de la investigación

La justificación se sustentó en la teoría, de la investigación planificada complementará el conocimiento existente sobre

Económica: La construcción con viviendas de adobe y fibra de eucalipto fueron mínimas, debido a que en la zona se encontraron disponibles todos los recursos locales para la producción de nuevas muestras. Domínguez y Bravo (2022) los ladrillos de adobe tuvieron una larga trayectoria en la construcción debido a su asequibilidad, facilidad de instalación y buen rendimiento. Este estudio evalúo el desempeño estructural de elementos de adobe con diferentes proporciones de fibras de HDPE en edificaciones de poca altura (2 y 4 pisos) ubicadas en zonas sísmicas. En la industria de la construcción contemporánea fueron menospreciado los materiales a favor de la modernidad, asociándose con la pobreza y la falta de desarrollo industrial con Abdulla,

Cunningham y Gillie (2021).

Ambiental: El material pétreo empleado en la fabricación del adobe fue ambientalmente amigable, dado que su extracción y uso no generaron contaminación, al tratarse de un recurso natural, renovable y limpio, con Charai, Salhi, Horma, Mezrhab, Karkri, y Amraqui (2022) investigaron con técnicas ecológicas y sostenibles obtenidas biológicamente y utilizadas en la construcción contemporánea, manejaron las características termo-mecánicas de las unidades de adobe. y la adición de un 8% de peso de fibras de PS consiguió mejorar el rendimiento de aislamiento térmico de Adobe y su capacidad térmica. Se utilizó como un componente de calidad térmica ecológica en edificios modernos que ayudó a aislar el calor. La investigación abordó la urgencia del cambio climático global y el papel crucial de la industria de la construcción en las emisiones de gases de efecto invernadero. Se destacaron los materiales de construcción tradicionales, como el adobe, tuvo una huella de carbono casi nula en comparación con los materiales modernos. Sin embargo, el estudio se centra en examinar científicamente el impacto ambiental del adobe y analizar sus ventajas y desventajas en la construcción moderna. En conclusión, se argumentó que la integración exitosa de materiales tradicionales como el adobe con diseños modernos logró resultar en construcciones respetuosas con el medio ambiente y energéticamente eficientes, ofreciendo un procedimiento del problema de calentamiento global.

Tecnología: Entender el rendimiento térmico del eucalipto, lo cual viabilizó la mejora de las condiciones térmicas del hogar y aumentará el confort de sus habitantes según Calvillo, Guzmán, Ezquerro, Mendoza, Molina, Galindo y Rincón (2024) investigaron adobes que exhiben una diversidad significativa en composición, con variaciones en partículas finas, materiales arcillosos y fibras vegetales, destacó la influencia de la arquitectura del suelo en el entorno local y proporcionó soluciones

funcionales para el entorno. Aunque las directrices de construcción en tierra fueron útiles, no abarcaron la amplia gama de soluciones ofrecidas por la construcción tradicional. Ambos adobes mostraron buenos resultados en pruebas mecánicas, consideraron la antigüedad del diseño. Las pruebas de carga puntual pudieron ser una opción interesante para mediciones in situ, pero se requiere mayor investigación para ratificar las consecuencias.

Importancia: La incorporación de aislamiento en las viviendas de adobe con fibras de eucalipto proporcionó ventajas para los habitantes y contribuirá a disminuir muertes y enfermedades respiratorias en adultos y niños. Estos adobes mejorados tuvieron el potencial de sustituir estructuras de albañilería con problemas mecánicos similares, lo que logró contribuir a reducir los costos de construcción. (Domínguez y Bravo, 2022).

II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Domínguez y Bravo (2022) demostraron con la composición de arcilla y fibra afecto la absorción capilar de la muestra, con un mejor desempeño en SC en comparación con la literatura, estos hallazgos pudieron ser útiles para evaluaciones adicionales in situ de edificios patrimoniales, respaldados por la alta correlación demostrada con las pruebas mecánicas y, demostró al agregar fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) como aditivos, las propiedades mecánicas del adobe mejoró con fines sísmicos y estructurales, con diferentes proporciones de fibras de HDPE en edificaciones, mostraron una flexibilidad y un comportamiento estructural reformados, e incluso proporciones pequeñas de HDPE (0,6% y 1,2%) optimizó el rendimiento del marco, basada en exámenes elaborados en su laboratorio Chile), destaco el potencial del adobe reforzado con HDPE para mejorar la resistencia y el desempeño de las

edificaciones. Ladrillos y piedras para la construcción. Se utilizó un enfoque de simulación cualitativa basado en computadora para simular un edificio de adobe en Chipre, modelaron sus emisiones de carbono y consumo de energía.

Losini et al. (2021) observaron que la base espesa optimizó la adhesión a la matriz arcillosa y redujo el agrietamiento en el adobe, lo cual se relacionó con la presencia de sacarosa actuaron como aglutinante y formación de enlaces. Moléculas y minerales arcillosos. Los resultados mostraron que el confort térmico optimizó debido a una menor conductividad térmica.

Por otro los investigadores, Ma, Qi, Zheng, Guo, Huang y Yu (2020) encontraron que la consolidación de aguas residuales afectó significativamente las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe, observaron un aumento de la masa suelta que reducía la porosidad y otros índices físicos y mecánicos del material. Las observaciones mediante microscopía electrónica mostraron sus partículas desenganchadas rellenas fueron ovaladas, con poros muy grandes y partículas finas fracturadas, debilitaban la estructura esquelética entre las partículas y los poros.

Principio del formulario según Brito, Santamaría, Macas y Tasán (2021) investigaron las tecnologías de Adobe como material de construcción sostenible a nivel local. Se propuso un nuevo método de producción, combinaron técnicas artesanales con pruebas de laboratorio. Se analizó el impacto ambiental con las tecnologías de fabricación de Adobe en áreas urbanas y rurales de Riobamba. Se detalló un método de elaboración de Adobe que contiene la identificación y recolección de muestras de suelo, pruebas manuales de campo, experimentos en cámara para seleccionar el tipo de suelo y la simulación del comportamiento térmico de los bloques de suelo. Se hizo referencia a la norma peruana E.080 (Heradeus, et al., 2025) para la producción de bloques de Adobe, destacó las ventajas de estabilizar el Adobe con fibras naturales y subrayaron la

importancia de restaurar los sistemas constructivos basados en la tierra como parte del patrimonio y conocimiento ancestral de la región andina.

Bamogo, Ouedraogo, Sanou, Ouedraogo, Dao, Aubert y Millogo (2020) demostraron cómo mejorar diversas propiedades del yeso del suelo mediante la adición de estiércol de vaca, una práctica ancestral en Burkina Faso. Se utilizaron materias primas arcillosas de Kodení, compuestas principalmente por caolinita, cuarzo y goethita, con propiedades geotécnicas adecuadas. El estiércol de vaca, compuesto principalmente por fibras vegetales y minerales, se incorporó al yeso del suelo, lo que limitó la propagación de grietas y lo endureció al adherirse a la matriz arcillosa. En el mortero, esta incorporación afectó su mineralogía, formándose un silicato de amina insoluble. Este compuesto mejoró las propiedades micro estructurales, físicas y mecánicas del yeso del suelo, reduciendo su conductividad térmica debido a la presencia de fibras ricas en celulosa, lo que proporcionó un buen confort térmico a las casas impermeables, Abdulla Cunningham y Gillie (2021).

Dominguez y Bravo (2022) compararon el adobe tradicional con elementos estructurales mejorados mediante la incorporación de diferentes fibras de polietileno de alta densidad (PEAD) en edificaciones de poca altura (2 y 4 pisos). Utilizaron datos mecánicos del laboratorio de la Universidad de Talca (Chile) realizaron un análisis de modelos de pórticos estructurales con muros de adobe incorporados. Se encontró que al agregar pequeñas cantidades de polietileno de alta densidad (HDPE) al adobe tradicional, se mejoró la flexibilidad y las propiedades estructurales del marco. Este enfoque se consideró ventajoso debido a su bajo costo, facilidad de montaje y preparación de elementos estructurales. El adobe, aunque utilizaron durante mucho tiempo en la construcción por su bajo costo, presenta baja ductilidad y resistencia, comprometió el desempeño estructural, especialmente en edificaciones más altas. Sin

embargo, al utilizar adobes mejorados con fibras de polietileno de alta densidad, se observó una mejora significativa en las propiedades mecánicas sísmicas y estructurales, lo que podría permitir su uso en lugar de ladrillos de fábrica y contribuir a reducir los costos de construcción.

Puy, Ordaz, Cruces, Bello, Miranda, Salazar, Carreño, Zanol y Li (2022) mencionaron que la caracterización de los adobes utilizados en la construcción en México reveló diferencias entre los prehispánicos y coloniales. Los adobes prehispánicos mostraron una distribución granulométrica favorable, menor contenido de materia orgánica, buena cohesión e índice de plasticidad alto. En contraste, los adobes coloniales utilizaron materiales reciclados, tenían menos gravas y mayor contenido de limo-arcillas. Los adobes prehispánicos demostraron mayor resistencia y durabilidad debido a su composición y procesos de manufactura.

Cuadros, Saloustros, Tarque y Pelà (2024). demostraron en la evaluación sísmica de edificios patrimoniales complejos, un método de estudio rentable basado en fotogrametría del suelo de estructura a partir del movimiento (SfM) método del comportamiento sísmico de la Iglesia Inca de San Juan Bautista en Waitara, Perú; siendo un icónico debido a su compleja estructura arquitectónica y la coexistencia de diferentes materiales de construcción. Se utilizó fotogrametría SFM para crear un modelo geométrico de evaluación sísmica con un error menor al 2%. Para evaluar sus respuestas bajo condiciones de carga sísmica, se realizó un análisis de presión estática no lineal en modelos FEM 3D de barcos y torres. Se utilizaron pruebas de laboratorio de mortero y mampostería, ladrillos cocidos modernos y antiguos, piedra inca, piedra colonial y mampostería para evaluar las propiedades mecánicas de varios materiales utilizados para construir la iglesia. Se realizó un análisis pushover no lineal en cuatro direcciones perpendiculares al muro. La respuesta estructural se comparó con los requisitos sísmicos

de las normas peruanas. Las simulaciones mostraron que las fachadas oeste y este fueron las más susceptibles a sufrir daños, se formaron grietas en las uniones entre muros ortogonales y en la interfaz entre estructuras de adobe y piedra inca. Aunque tuvo una respuesta sísmica similar, las torres fueron menos fuertes que el templo principal, se detectaron mecanismos de vuelco por flexión y fisuración en la interfaz entre la piedra y la mampostería. Según una evaluación sísmica basada en desplazamientos realizada con el método N2, las fachadas norte y sur de la sala principal podrían colapsar debido a una aceleración máxima del suelo de 0,21 g. La capacidad de la torreta fue significativamente menor y el PGA produjo alrededor de 0,09 g de colapso, buscaron comprender mejor el comportamiento sísmico de las iglesias de Huaytará-Huancavelica, destacaron sus vulnerabilidades y proporcionaron información útil para su conservación e intervención futuras. Finalmente debieron centrarse en pruebas en la zona para valorar su impacto de los daños existentes en la respuesta estructural e incorporar a modelos numéricos.

En su estudio, Rotondaro, Esteves y Cuitiño (2020) analizaron las propiedades térmicas y mecánicas de varios materiales de construcción usados con suelos nativos garantizados, tales como adobe, bloques de tierra comprimida (BTC), tapial y quincha. Se compararon estos materiales con otros industrializados, como bloques de hormigón y ladrillos cerámicos. La investigación concluyó que no existió un estándar adecuado en sus valores de conductividad térmica y transmitancia térmica para el material natural, lo cual destaco la necesidad de una revisión exhaustiva de la literatura en este campo. Se encontró que estos materiales están estrechamente relacionados con su densidad y las características de los morteros utilizados en su fabricación. Este estudio abordó temas relevantes en la arquitectura sostenible, incluyendo el adobe, el bahareque, los materiales vernáculos, así como las propiedades térmicas y la resistencia mecánica de

los mismos.

Lara, Miranda, Narváez y Lozano (2022) manifestaron en su investigación realizada que el adobe fabricado con estabilizadores orgánicos mejoró significativamente su resistencia a compresión, aumentaron entre un 5%, 10% y más, con el uso de cuatro estabilizadores: estiércol de vaca, savia de nopal, paja y sangre de toro. En comparación con el adobe básico, la combinación de un 15% de zeolita mostró el mejor comportamiento mecánico, antes y después del ensayo de deterioro. Por lo tanto, la zeolita prometió ser una buena alternativa como estabilizador en los sistemas de construcción de adobe.

Ouedraogo, Bamogo, Sanou, Mazars, Aubert y Millogo (2023) analizaron el agregado de bagazo de caña de azúcar al adobe mejoró significativamente las propiedades físico-mecánicas. Los adobes reforzados con hasta un 4% de bagazo de caña tenían una microestructura homogénea. La superficie rugosa del bagazo y la presencia de sacarosa como pegamento se atribuyó a una mejor adhesión y una reducción en la propagación de grietas. Además, la conductividad térmica disminuyó, lo que mejoró el confort térmico en hábitats, especialmente en áreas frías.

El creciente interés en la sostenibilidad y el desarrollo sostenible han llevado a la búsqueda de alternativas más ecológicas con materiales de construcción convencionales, el uso de fibras de eucalipto en el adobe favoreció al objetivo de explorar la materia prima de reconstrucción más considerada con el medio ambiente y sostenibles. Muñoz, Letelier, Muñoz y Bustamante (2020) señalaron que alrededor del 20% de lo evaluado con propiedades tecnológicas y toxicidad, lo que resaltó la importancia de buscar soluciones tecnológicas sostenibles que aborden los aspectos sociales, económicos y ambientales. Se observó una extensión en la utilidad por desarrollar soluciones tecnológicas que utilicen materias primas locales, renovables y de bajo costo,

como las fibras vegetales, para construir en ambientes inestables. Estas fibras vegetales, así como las soluciones técnicas propuestas, fueron recursos naturales valiosos por su bajo precio y facilidad de uso. Se implementó proyectos de construcción sostenible en entornos frágiles, se mejoró la calidad de vida de las asociaciones locales y generar economías locales utilizaron los recursos naturales existentes y métodos de construcción adecuados a las condiciones locales, con un 190% de conductividad térmica.

Abdelmounaim, Idrissi, Youness, Naoual, Bendada y Mustapha (2024) llevaron a cabo un estudio para evaluar las propiedades ambientales, higrotérmicas y mecánicas de ladrillos de adobe sin carbono de origen biológico. Los resultados mostraron que, al agregar paja a los ladrillos, se mejoraron las propiedades termo-mecánicas y la eficiencia energética del edificio de estudio en un clima semiárido. Se observó un aumento en la resistencia mecánica y una disminución en la conductividad térmica al reforzar los ladrillos con paja. El adobe reforzado logró reducir la temperatura interna del edificio durante el verano y mantener la humedad relativa dentro de los rangos recomendados. Además, se encontró que los ladrillos de adobe reforzados con paja pudieron aumentar la eficiencia energética de la refrigeración hasta en un 17,8% sin comprometer las emisiones de CO₂.

En una investigación innovadora, se exploró el uso de fibras de neem como refuerzo en el adobe, utilizaron tanto paja como hojas. Se encontraron mejoras en la resistencia mecánica, absorción de agua, conductividad térmica y durabilidad del adobe. Aunque las fibras de hojas de neem optimizó la comodidad y la calidez, su uso afectó la durabilidad. Este enfoque buscó fortalecer el adobe con un material natural y abundante, promoviendo la construcción sostenible y la comodidad térmica. Destacaron la importancia de desarrollar técnicas de refuerzo relevantes a nivel mundial, especialmente en contextos con problemas de vivienda y atraso social, donde se

buscaron soluciones sustentables y seguras del medio ambiente y perfeccionar la calidad de vida. Babé, Kidmo, Tom, Mvondo, Kola, y Djongyang (2021).

Bousshine, Ouakarrouch, Bybi, Laaroussi, Garoum y Tilioua (2022) presentaron materiales sostenibles en la construcción como alternativas a los materiales sintéticos, destacaron su mejora en la acústica y el aislamiento térmico. La investigación se centró en la caracterización acústica y térmica de varios materiales derivados de residuos vegetales, agrícolas y animales, como la palmera datilera, carrizo, angstrom Spath, olivos, patrones, madera, aserrín, plumas de pollo y lana. Estos materiales fueron experimentalmente caracterizados utilizaron métodos estándar, mostraron coeficientes de absorción y conductividad térmica que indican buenas propiedades acústicas y térmicas. Se destacaron la paja, los tallos de las hojas, las plumas de pollo y la lana como los más prometedores para reparación acústica y aislamiento térmico, con potencial para reemplazar materiales sintéticos. Además, se mencionó un uso de fibras de eucalipto que promovió el uso de materiales de la zona en grandes cantidades, especialmente en regiones donde el eucalipto fue común, aprovecharon troncos de viveros sostenibles y reciclables.

Plotkin (2020) señaló que el diseño de proyectos arquitectónicos debió considerar la generación de residuos con sistemas constructivos, particularmente con material higroscópicos expuestos al medio ambiente, como la madera. Propuso dos estrategias avanzadas que abordaron este problema: reducir los residuos de construcción diseñaron para extender la vida útil del edificio y crear estructuras flexibles que permitieran enfoques sostenibles para la demolición parcial o total de edificios envejecidos, analizó los ciclos de vida de las estructuras de los edificios y su relación con la regeneración de residuos en la evolución de reconstrucción, uso y demolición. Se exploró la posibilidad de restaurar sistemas de madera, considerados óptimos, y se recomendó utilizar ambas

estrategias simultáneamente. Además, se propuso un modelo básico para el desarrollo de parámetros estándar de construcción de madera y se discuten conclusiones sobre estrategias de diseño probadas, prototipos y casos de estudio. Estas estrategias buscaron eliminar desperdicios innecesarios, aumentar la flexibilidad en la construcción y alargar la duración de los edificios mediante la programación de piezas y componentes, así como permitir el desmontaje parcial en la construcción general.

Elrhayam, Bennani, Berradi, El Yacoubi y Bachiri (2023) caracterizaron que utilizaron hidróxido de sodio y sulfuro de sodio como rellenos, el estudio investigó fibras de Eucalipto manejaron hidróxido y sulfuro de sodio como rellenos, busco optimizar el rendimiento y contenido de pulpa. Se empleó espectroscopia infrarroja, difracción de rayos X y análisis termogravimétrico para describir la estructura y propiedades térmicas de las fibras. Se evaluaron propiedades físico- mecánicas de la pasta con diversas pruebas. Se encontró una estructura de celulosa confirmada por FTIR, índice de cristalinidad del 76,35% y temperatura de descomposición máxima de 368 °C. Las condiciones óptimas de tratamiento fueron 105 °C durante 45 minutos con NaOH al 18,8% y Na₂S al 13,40%. En cuanto al papel de fibra, se observó que las longitudes de fractura fueron del 34% con concentraciones de azufre entre 0% y 30%. Además, se discutió el uso de fibras de eucalipto como estabilizantes en suelos, resalto su potencial para mejorar propiedades físicas del suelo y como alternativa a materiales compuestos.

La depreciación de la huella de carbono en la fabricación de la construcción, logro al promover la utilización de materiales naturales y renovables en lugar de opciones que requieran una mayor cantidad de energía y emite más carbono. Este análisis se investigó cómo las micro empresas (PYMEs) se enfocaron en reducir su huella de carbono. destacó la importancia de su enfoque en la eficiencia energética. Se investigo cómo este enfoque les permitió superar obstáculos ambientales mediante la identificación de

barreras verdes y el establecimiento de redes de colaboración. Los resultados de una encuesta a 252 propietarios y altos directivos de PYMEs en Tees Valley, Inglaterra, mostraron que la orientación empresarial hacia la eficiencia energética está directamente relacionada con la superación de barreras ambientales, y que la identificación de estas barreras y el networking verde actuaron como mediadores en esta relación. Este estudio subrayó la importancia de la eficiencia energética, la identificación de barreras ambientales y la colaboración en red para optimizar la iniciativa de disminución de la huella de carbono de las PYMEs. Con Adu, Chen, Hasan y Jellason (2023).

Los edificios de adobe, aunque históricamente significativos y asequibles, fueron propensos a sufrir daños estructurales, especialmente en áreas de alto riesgo sísmico, debido a sus limitadas propiedades mecánicas y resistencia al vuelco. La ausencia de conservación y la ausencia de la tecnología contemporánea apropiada contribuyen a menudo a la desaparición de estructuras históricas. En un estudio sobre una construcción en Perú, se evaluaron las condiciones estructurales y la seguridad sísmica. Se llevaron a cabo pruebas de vibración ambiental, sonido y mapeo de daños, junto con análisis paramétricos y estáticos no lineales. Se utilizó el sistema Euro código 8 para evaluar la vulnerabilidad sísmica y determinar medidas de fortalecimiento. El estudio integró pruebas de campo, modelos numéricos y analíticos para comprender mejor el comportamiento estructural y proponer medidas de reparación adecuadas según Greco y Lourenço, 2021).

El estudio se centró en la combinación de desechos orgánicos locales, como polvo de fibra de coco, *Gliricidia sepium* y recortes de pasto, mediante microcompostaje para crear matrices orgánicas sostenibles para la producción de plántulas de pasiflora. Se evaluaron diversos parámetros morfológicos de las plántulas a los 56 días después de la siembra, incluyendo masa seca de brotes, masa seca de raíz, elevación de la planta,

cantidad de hojas, diámetro del tronco, volumen de la raíz, área foliar, vigor de plántula y estabilidad de terrones del suelo. Además, se determinó el contenido acumulado de nutrientes en la materia seca aérea de las plántulas. Se encontró que los sustratos orgánicos S1, S6 y S5 produjeron los mejores resultados en términos de parámetros morfológicos y acumulación de nutrientes. En particular, los sustratos S6 y S5 se identifican como opciones sostenibles para el cultivo eficiente de plántulas de maracuyá amarilla. Sousa, Vaz, Martelleto, Almeida, dos, Santos y Guerra (2022).

Laverde, Marin, Benjumea y Ortiz (2022) resumieron el creciente beneficio en el uso de fibras vegetales como ayuda en compuestos cementosos debido a la demanda de materiales de construcción sostenibles. Estas fibras ofrecieron ventajas como ser renovables, económicas, ligeras, rígidas, biodegradables y con alta resistencia al impacto. Se identificaron las fibras más utilizadas y los métodos de procesamiento para mejorar las propiedades mecánicas de los compuestos, incluido el efecto de la longitud de la fibra. Las aplicaciones incluyeron elementos estructurales y no estructurales. Se destacó la modificación de la matriz para optimizar la interacción de las fibras, observándose que las fibras cortas mejoran la resistencia a la flexión, tracción y rigidez, mientras que las fibras largas utilizadas como refuerzos externos incrementan la resistencia a la compresión. Aunque se han logrado mejoras en las propiedades mecánicas, existe limitada información sobre la resistencia de las fibras en matrices de cemento, lo que restringe su aplicación en elementos estructurales primarios. Sin embargo, en la sustentabilidad del interés continuo han impulsado su uso, prometiendo avances significativos en el futuro.

Rojales, Gómez, Farroñan, Chuzón y Muñoz (2021) Investigaron el impacto de las fibras de acero en las propiedades mecánicas del hormigón, destacó su resistencia a la tracción y adherencia. A través de una revisión de más de 50 estudios, identificaron

mejoras en maquinabilidad, resistencia a la compresión, flexión, tracción, corte y altas temperaturas. Concluyeron que la cantidad y forma de las fibras influyeron en el rendimiento, siendo las corrugadas las más eficaces, aunque reducen la trabajabilidad. La mejora se debió a una mayor resistencia y reducción del agrietamiento por el efecto restrictivo de las fibras.

El artículo abordó la estabilización de rocas terrestres compactadas con geopolímeros (GCEB), destacó su menor contenido de carbono en comparación con el cemento Portland. Se enfocó en estudios experimentales sin el uso de OPC o alta temperatura. Preethi y Reddy (2024). Los aglutinantes de geopolímeros, compuestos de silicato de aluminio y activadores, estabilizan el suelo recuperado. La resistencia a la compresión en húmedo supera los 20 MPa y la relación de resistencia en húmedo a seco fue de 0.5. Las propiedades de absorción de agua y durabilidad de los ladrillos fueron satisfactorias. Se observó lixiviación de sal en GCEB, sin afectar la resistencia a la compresión, con predominio de carbonato de sodio en el lixiviado. GCEB mostró niveles más bajos de carbono y energía incorporada en los ladrillos de arcilla cocida y bloques de hormigón. Las muestras elaboradas fueron adecuadas para construcción con confort térmico, reflejaron una evolución hacia materiales menos contaminantes y con bajo consumo energético. Los investigadores se centraron en materiales preindustriales como fibras vegetales y compuestos del suelo, prometedores para aplicaciones técnicas.

Rossignolo, Duran, Bueno, Martinelli, Junior y Tonin (2022). El sargazo pelágico, extendido desde el Mar de los Sargazos hasta el Caribe, ahora se descubre en diversas áreas del Atlántico tropical, causaron problemas ambientales, sociales y económicos al varar en las costas. A pesar de esto, el sargazo ofrece varias oportunidades industriales valiosas, incluyendo alginatos, cosméticos, papel reciclado, bioplásticos, fertilizantes y materiales de construcción. Este trabajo revisa el uso de algas, especialmente del género

Sargassum, en la construcción civil, exploraron también el potencial de otras especies. Se examinaron 31 artículos, destaco el uso de especies como *Posidonia oceanica* y *Kappaphycus alvarezii*. Además, se exploró el uso de especies de sargazo oceánico (*Fluitans* y *Natans*) en materiales de construcción, con resultados prometedores. Se discuten diversas aplicaciones de algas y angiospermas marinas en la producción de tableros, materiales compuestos, cemento, pavimentos, fachadas y techos. Este artículo presento el estado actual de las aplicaciones de algas en ingeniería civil y propuso futuras direcciones para su implementación en la industria de la biomasa.

El artículo de Briceño, Noel, Chácará y Aguilar (2021) encontro la necesidad de acceder a información detallada sobre geometría, condiciones de contorno, propiedades de los materiales y daños acumulativos para desarrollar estudios de vulnerabilidad sísmica en estructuras existentes. Se propuso una evaluación estructural completa que combine diagnósticos experimentales con métodos de análisis numérico y analítico para edificios históricos. Se presento un estudio de caso sobre la iglesia andina "San Pedro Apolo Apolo" en el sur de Perú, utilizaron diversas herramientas para examinar su rendimiento sísmico. Se emplearon técnicas de evaluación de daños y geometría no destructiva, modelado numérico no lineal y análisis simplificados. Los resultados mostraron una alta vulnerabilidad sísmica de la iglesia debido a los mecanismos de colapso activados por sacudidas de muros exteriores y vuelcos exteriores de apartamentos, estimo que estos eventos ocurren aproximadamente cada 72 años. Este estudio demostró la viabilidad de integrar diversas técnicas para evaluar adecuadamente la capacidad de predecir daños en edificios de adobe existentes.

Según Domínguez y Bravo (2022) en sus diseños de marcos estructurales que combinaron paredes de adobe con fibras de HDPE mostraron una flexibilidad y un comportamiento estructural mejorados, e incluso proporciones pequeñas de HDPE

(0,6% y 1,2%) mejoraron el rendimiento del marco. Esta investigación, basada en pruebas de laboratorio (Chile), destacó el potencial del adobe reforzado con HDPE para mejorar la resistencia y el desempeño de las edificaciones. Ladrillos y piedras para la construcción. En Perú la recopilación de datos en organismos estatales para la evaluación excede los plazos previstos, lo que ocasiona demoras. Otra limitación importante fue el aspecto económico, este proyecto de investigación se financio de manera autónoma con recursos propios.

Algunos estudios internacionales en Argentina han sido realizados por Ortega et al. (2021, p. 101). Estos trabajos se centraron en la evaluación de la eficiencia térmica de viviendas sociales construidas con adobe en Tucumán, para llevar a cabo su análisis, se utilizaron cálculos de estado estacionario en adobe conforme a la serie de normas IRAM 11.600, así como cálculo del estado cuasi estacionario usado con la etiqueta de Eficacia Energética Nacional. A pesar de la utilidad de estas herramientas para evaluar viviendas, carecieron de restricciones y condiciones de carga específicas para el adobe. Además, los resultados obtenidos fueron inexactos debido a la falta de consideración de la acumulación de calor en los componentes y variables temporales. Se llegó a la conclusión de que el resultado energético dinámico obtenido por simulaciones térmicas fue suficiente para garantizar su investigación, dadas las propiedades climáticas y de la estructura.

Calvillo, Guzmán, Ezquerra, Mendoza, Molina, Galindo y Rincón (2024) la investigación resaltó la diversidad de soluciones de tierra y evidenció que la granulometría no limita la producción de adobe, los suelos locales pudieron lograr propiedades mecánicas y de durabilidad similares. A pesar de que H tenía una composición diferente a las pautas para la construcción con tierra, las muestras revelaron una mayor durabilidad y menor absorción capilar. Estos hallazgos podrían ser útiles para

futuras caracterizaciones de materiales de tierra y para decisiones en la restauración y conservación de construcciones históricas y tradicionales, en el “Comportamiento térmico en la construcción de adobe”, La investigación mostró la amplia diversidad de soluciones de tierra y demostró cómo la granulometría no fue una limitación para la producción de adobe, los suelos locales pudieron alcanzar comportamientos mecánicos y de durabilidad similares. Además, presentaron una composición muy diferente a las directrices para la construcción con tierra; sin embargo, las muestras expusieron un mejor comportamiento de durabilidad y menores tasas de absorción de capilaridad. Sus resultados obtenidos con esta investigación lograron ayudar al desarrollo posterior de la caracterización de materiales de tierra y al juicio de toma de decisiones en la restauración y conservación con construcciones históricas y vernáculas.

Ige y Danso (2021). En este estudio se investigaron las propiedades físico-mecánicas y térmicas con bloques de adobe reforzados con fibras de pseudo tallo de plátano. Se utilizaron formalidades empíricas de 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75% y 1% en peso de fibra en el suelo al producir bloques de adobe y comprobar sus propiedades. Su resistencia a la tracción y compresión de las muestras reforzadas con fibras aumentaron un 53% y un 33%, respectivamente, en comparación con las muestras no reforzadas. Además, la resistencia térmica de las muestras de adobe reforzadas con fibras fue un 18,42% superior a la de las muestras de adobe sin reforzar. Los estudios recomendaron incorporar fibras de pseudotallo de plátano (0,5-0,75%) en la mampostería de adobe para la construcción.

Charai, Salhi, Horma, Mezrhab, Karkri, y Amraqui. (2022) propusieron dos métodos de construcción ecológicos sustentables para el uso de bloques de tierra producidos biológicamente en la construcción moderna y evaluar la consecuencia del asentimiento con fibras de baya de goji (PS) sobre sus propiedades termomecánicas de

los bloques de adobe. Se determinaron las propiedades de las materias primas incluyendo las térmicas y mecánicas del adobe PS producido. Sus experimentos demostraron que, aunque la cohesión de la mezcla aumentó, las pruebas de absorción de agua confirmaron que las propiedades de resistencia del adobe disminuyeron al aumentar el contenido de fibra. La adición de 8% en peso de fibras de PS optimizó el rendimiento del aislamiento térmico y la capacidad térmica de Adobe. Se realizó un análisis CFD para resaltar la efectividad de una pared híbrida de base biológica donde se incorporaron capas de PS Adobe en una pared de ladrillo hueco doble con un tiempo de retraso de 10 horas y un espesor de capa de 90 mm. El adobe con un alto contenido biológico se logró utilizar como elemento ecológico de calidad térmica en edificios modernos y permitió el aislamiento térmico.

Bassoud, Khelafi, Mokhtari y Bada (2021). demostraron en un estudio de campo en edificios antiguos de adobe en Argelia, se evaluó el confort térmico y la adaptabilidad climática utilizaron el modelo ASHRAE-55. Se encontró que las construcciones de adobe ofrecen mejor confort térmico que los edificios modernos en periodos de calor extremo. Se registró una temperatura neutra de 31,52°C y una humedad neutra del 20%. La adaptabilidad climática de las casas de adobe tradicionales se destacó como la mejor solución en entornos desérticos.

Mellaikhafi, Ouakarrouch, Benallel, Tilioua, Ettakni, Babaoui, y Hamdi (2021) en su estudio abordaron la caracterización experimental de las propiedades termofísicas de adobes hechos de tierra reforzada con cinco fibras de residuos de plantas de palma en la región de Drâa-Tafilalet, en el sureste de Marruecos. También se investigó el impacto de los muros de adobe en el flujo de calor y el confort térmico mediante simulación numérica unidimensional. Se encontró que las propiedades térmicas de las muestras mejoraron con la incorporación de diferentes tipos de fibras, destacó que las fibras de

hojas con aletas mejoraron significativamente el aislamiento térmico. La simulación numérica mostró una reducción del flujo de calor a través de los muros y mejoró en la eficiencia energética al utilizar adobes con fibras foliares pinnadas.

Wu, Zhang, Fu, Lv, Yue y Zhang (2024) en su estudio abordaron la renovación de viviendas rurales, consideró incertidumbres en la construcción y comportamiento de las viviendas. Propuso un método que combina análisis de sensibilidad global, optimización multiobjetivo y peso de entropía para encontrar soluciones óptimas. Se aplicó este método en el condado de Jiaxian, China, mostraron que las casas tradicionales de troncos con techos inclinados lograron un equilibrio entre el tiempo de incomodidad y el consumo de energía. Se observaron significativos ahorros energéticos (45-68%) con mejoras limitadas en el tiempo de incomodidad (6-13%), lo que respalda proyectos de renovación rural y sugiere estrategias específicas para diferentes estructuras de edificios.

Abdulla, Cunningham y Gillie (2021). En su artículo presentaron un estudio experimental sobre un método innovador de refuerzo para estructuras de mampostería de adobe comunes en países en desarrollo. Se utilizaron cuerdas de fibra de cáñamo aplicadas a la superficie de las paredes de adobe para mejorar su resistencia a fuerzas horizontales extremas, como huracanes y terremotos. Este método implemento durante la construcción o para actualizar estructuras existentes, aprovecharon la capacidad de construcción, el bajo costo y la sostenibilidad del adobe. Las cuerdas se colocan paralelas y perpendiculares a las costuras de la cama, reforzaron las láminas de adobe y aumentaron su resistencia y capacidad de deformación hasta diez veces más que las no reforzadas.

Vasić, Pezo y Radojević (2020). Este estudio examinó cómo las propiedades clave de los ladrillos húmedos y del adobe fueron afectadas por el análisis de la composición y el tamaño de las partículas de 139 arcillas pesadas. Un modelo ANN con alta precisión

de predicción durante el período de entrenamiento (r^2) fue logrado, con su análisis de puntos estándar (SS) se determinó el contenido de materia prima ideal para la fabricación de ladrillos de adobe. El contenido ideal de óxidos principales fue del 53% al 66% de SiO_2 , del 4,6% al 7,5% de Fe_2O_3 , del 12,5% al 18,2% de Al_2O_3 , del 0,9% al 8,8% de CaO y del 1,2% al 3,6% de MgO . El contenido de partículas del tamaño de la manita era entre el 46% y el 65%, y el contenido de partículas del tamaño de la manita era entre el 46% y el 65%.

Haddad, Lannon y Latif (2024) en su revisión examinaron en la investigación sobre sistemas de construcción de tierra, destaco su potencial higrotérmico y ambientalmente ventajoso en comparación con materiales convencionales como el hormigón. Se realiza una búsqueda sistemática de artículos de investigación sobre las mezclas de mazorcas de maíz y se analizaron los métodos de prueba utilizados para evaluar sus propiedades higrotérmicas y estructurales. Se encontró que la proporción de arcilla, agua y fibras influyo un alto porcentaje en propiedades de las muestras. Se identificaron diferentes porcentajes de fibra en las muestras estructurales y no estructurales, lo que permitió optimizar el rendimiento del aislamiento térmico. La revisión también abordo la resistencia mecánica de las muestras, con valores en resistencia a la compresión y tracción que varían según los estudios. La conductividad térmica de las mazorcas de maíz también mostró una amplia gama de valores. Se señalo la falta de consenso sobre las proporciones de mezcla para lograr propiedades higrotérmicas y estructurales óptimas, destaco la necesidad de investigaciones futuras en esta área.

Burbano, Araya, Astroza y Silva (2022) evaluaron la viabilidad de incorporar fibras de polipropileno fibrilado (FPFs) en mezclas de adobe (AMs), un material tradicionalmente utilizado para producir bloques de adobe. Se agregaron FPFs en

diferentes dosis a las mezclas de arcilla antes de incorporar agua para promover una distribución uniforme de las fibras. Se analizó el impacto de los FPFs en la densidad, resistencia a la compresión y flexión, tenacidad a la flexión y resistencia a la erosión por agua de los AMs. Se encontró que dosis crecientes de FPFs redujeron la densidad y la resistencia mecánica de los AMs, pero aumentaron su resistencia a la erosión por agua y tenacidad a la flexión. Las mejoras fueron más significativas con dosis bajas de FPFs, mientras que dosis altas generaron una reducción significativa de la resistencia mecánica debido a la formación de conglomerados de fibras. Se recomienda la implementación de FPFs en dosis bajas y/o el uso de un proceso de mezcla mecánica para garantizar una distribución uniforme de fibras y evitar la formación de conglomerados, para evitar la pérdida de elipticidad en las ecuaciones de equilibrio del modelo, esto permitió la dimensionalidad matemáticamente necesaria de los parámetros del modelo. El solucionador implícito incorporo todos los algoritmos de regularización.

Jannat, Hussien, Abdullah y Cotgrave (2020) examinaron el impacto ambiental del proceso de elaboración de materiales de construcción tradicionales y propusieron el uso de materiales disponibles localmente y métodos mejorados como alternativa para el desarrollo sostenible. Se centraron en el suelo como materia de edificación debido a su disposición y menor impacto ambiental, así como en la utilización de desechos agrícolas e industriales para mejorar las propiedades del suelo. El artículo revisa investigaciones sobre el efecto de estos desechos en la producción de suelo crudo, dividiendo el estudio en tres partes: descripción de los materiales de desecho y algas, resultados de ensayos de propiedades de bloques en bruto que contuvieron residuos, y análisis de resultados en comparación con normas de construcción actuales. Los estudios revisados mostraron que los residuos pudieron parcialmente reemplazar el suelo si se cumplen ciertos requisitos, lo que ofrece una solución para reducir el consumo energético y promover

una gestión eficiente de residuos. Se sugiere la realización de más investigaciones para establecer directrices y estándares para el desarrollo y producción de estos materiales de construcción sostenibles.

2.2. Marco conceptual

El adobe fue ampliamente empleado en la construcción en diversas regiones del país debido a su fácil disponibilidad y su beneficio ambiental. Este material, compuesto principalmente por agua y suelo, presenta variaciones en su uso y composición según la localidad. El estudio propuso un método para examinar directamente las estructuras de adobe, preparar muestras para pruebas de laboratorio y analizar sus propiedades mecánicas. Se emplearon investigaciones semiestructuradas y entrevistas con individuos con experiencia en la preservación del conocimiento ancestral relacionado con la elaboración del adobe, un material de construcción profundamente arraigado de herencia cultural de zonas rústicas, no obstante, estas materias primas eminentemente enfrentaron amenazas de desaparición, Rivera et al. (2021, p. 74).

Plantaciones de eucalipto, Xu, Cai y Zhao (2024). utilizaron datos de series temporales NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) en la región de Nanning, China. El modelo, denominado Modelo de Identificación de Eucalipto (EIM), se basa en valores extremos y desviaciones estándar de la curva NDVI de eucalipto. Utilizo este modelo junto con la máquina de vectores de soporte (SVM), se logró una precisión del 88,64% en la identificación individual de eucalipto y del 80,19% en la clasificación general de especies vegetales. Estos resultados indicaron que el EIM tiene una capacidad destacada para identificar plantaciones de eucalipto con una entrada mínima de datos.

El eucalipto fue una especie de rápido crecimiento que prospera en regiones

húmedas o subhúmedas, tropicales o subtropicales. Con una altura media de 50 metros, tiene un potencial significativo en la producción de pulpa y madera. Aunque hay poca información sobre su resistencia a plagas y enfermedades, se ha utilizado en la construcción de estructuras pesadas y puentes. Además, se empleó en la producción de celulosa, papel, astillas y tableros de fibra. El aserrado pudo ser difícil debido a la tensión inherente de la madera, y el secado requiere un tratamiento cuidadoso con vapor. La madera de eucalipto se utilizó ampliamente en la construcción de túneles mineros y tiene propiedades sensoriales, físicas y mecánicas favorables, con una densidad que varía entre 780-830 kg/m³ y una estructura de grano medio a grueso. Miranda, Contreras, Hernández, Pérez y Contreras (2022, p. 109). El estudio realizó un análisis bibliométrico sobre la producción y tecnología de celulosa y papel de eucalipto a nivel mundial y en Brasil. Souza, Szuta Barbosa, Freitas, Moura y Trazzi (2022).

La fibra procede de la corteza de la planta de Eucalipto y se distinguió en su estructura celular y la disposición en su longitud y sección transversal (Calle, 2021).

Propiedades mecánicas del adobe.

Silva et al. (2020) investigaron las características mecánicas del adobe y las propiedades del eucalipto. Observaron que los tallos con más nudos mostraban una pequeña resistencia a la tracción, aunque estuvo en aumento a lo largo de la fibra. Sin embargo, la elongación se vio afectado por fuerzas aplicadas perpendicularmente a su longitud. También examinaron el efecto del tratamiento térmico en las fibras de eucalipto en los compuestos de fibrocemento extruidos y encontraron que los tratamientos a 200 y 230°C redujeron el contenido de extractos en las fibras, aunque no mejoraron significativamente las propiedades del fibrocemento. Además, se observó algunos cambios en la morfología de las fibras y un aumento en el contenido de lignina, lo que afectó la porosidad y la tenacidad del fibrocemento reforzado. Se sugirió explorar

otras características, como la resistencia a la intemperie, que consiguió variar según la edad del eucalipto, para obtener una evaluación más completa de los compuestos reforzados con fibras tratadas térmicamente, mencionó que en un árbol de eucalipto de 30 años, se observó un punto de saturación de fibras entre el 35% y el 40%, con una contracción total estimada entre el 8% y el 9% en la orientación radial y entre el 14% y el 15% en la orientación tangencial (Revista CIS Madera, 2004, p. 14).

Ladrillos de adobe que se deformaron a diferentes velocidades de compresión, desde estáticos hasta de impacto de alta velocidad. Se examina cómo la inclusión de fibra y la presencia de agua en la mezcla afectó el rendimiento mecánico de la mampostería y el adobe, especialmente en condiciones de alta deformación dinámica y su influencia en el comportamiento dinámico, el material interpreto utilizaron datos de pruebas de barras Hopkinson. Además, se examinaron las ecuaciones constitutivas y los factores de aumento dinámicos para los materiales de adobe dinámicos, presento la campaña experimental y proporcionó interpretaciones cualitativas y cuantitativas de los patrones de daño observados, con Brito, Santamaría, Macas y Tasán (2021).

Propiedades físicas del adobe tenemos los siguientes:

Dureza: Este término hace referencia a la resistencia penetrada en el material, se caracterizó el eucalipto lo convierte en un material útil para reforzar estructuras en la industria de la construcción. Además, nos proporcionó información sobre la capacidad de trabajar el material. Fue importante destacar que la dureza estuvo estrechamente relacionada con la densidad, que se esperaba (Babe et al., 2021).

Densidad: del eucalipto está vinculada al contenido de humedad, que fue un aspecto de su composición química. Este factor contribuye significativamente al estudio del comportamiento térmico del material. En términos de termodinámica del adobe, la densidad se define como la masa dividida por el volumen (kg/m^3) (Babe et al., 2021).

Contenido de humedad: Se refiere a las características y elasticidad del terreno, que estuvieron íntimamente relacionadas con su contenido de humedad, que refleja la cantidad de agua presente en la sustancia. Todos estos factores influyeron en el proceso de secado del adobe y tuvo conexión con la densidad y otras características del material.

(Babe et al., 2021).

Propiedades mecánicas del adobe: Estudios realizados mediante la sistematización de suelos y análisis granulométricos permitieron comparar las curvas de distribución de tamaños de partículas del adobe y el mortero, revelaron diferencias en la composición entre arena, limo y arcilla. Los resultados mostraron que el adobe contenía más arena y grava, mientras que el mortero presento mayor contenido de limo y arcilla. La incorporación de fibras de mijo en los ladrillos de adobe mejoró su resistencia a la compresión, conductividad térmica, resistencia al agua y abrasión, aumentaron su durabilidad y características termomecánicas, convirtiéndolos en materiales de construcción económicos que mejoraron el confort térmico. (Babé et al, 2021)

La conductividad térmica, se describe a la capacidad del material al transferir calor, mientras que las propiedades térmicas se asociaron con la energía interna generada por el movimiento molecular, donde obtiene el equilibrio térmico, la transmisión de calor finaliza y la energía se reconcilia en energía recluye de otro objeto. En un estudio de un bloque de arcilla de 19 cm de espesor, establecieron temperaturas en dos zonas: una en el laboratorio (arcilla caliente) y otra en el exterior (suelo proyectado), lo que facilitó análisis del entorno.

Estos datos sirvieron para determinar parámetros técnicos acústicos y térmicos, con la finalidad de obtener un certificado de calidad del material del Instituto Español de Normalización. Los resultados indicaron que un aumento en el contenido de RSA e hidróxido de sodio optimizo la resistencia a la compresión de la piedra de arcilla

geopolímera RSA, pero disminuye su densidad supuesta, la absorción del agua y conductividad térmica. Su combinación óptima fue un 10% de hidróxido de sodio y un 20% de RSA, lo que maximiza la resistencia a la compresión y minimiza propiedades indeseables. Por lo tanto, se recomendó el uso de estos ladrillos en paredes interiores debido a su capacidad para mejorar dichas propiedades (Morsy et al., 2022).

Preservar el medio ambiente

Aislamiento térmico, el uso y la cobertura del suelo (LULC), la temperatura de la superficie del suelo (LST) y el confort térmico en entornos urbanos. Se analizaron variables como la fragmentación urbana, el índice de malestar, el LST y los índices biofísicos espectrales utilizo datos de teledetección de la ciudad de Aurangabad para los años 2002, 2014 y 2022. Se descubrió que una fragmentación urbana superior a 10 redujo la LST y aumentó las áreas con temperaturas confortables en climas semiáridos. También, se localizó una enérgica correlación entre la LST y algunos índices biofísicos. A nivel macro, estos descubrimientos pudieron ser útiles para mejorar el ambiente térmico de las ciudades tropicales y semiáridas. Patle y Ghuge (2024).

Proteger el medio ambiente

Rodríguez, Guida y Márquez (2023) se centró en la relación entre los recursos, las dinámicas socioterritoriales y los entornos en entornos insulares protegidos de valor destacado. Estos entornos sirven como laboratorios experimentales para estudiar la evolución humana y los ecosistemas. Se examinó la literatura existente sobre el análisis del metabolismo urbano del flujo de materia y energía. Se establecieron tres pasos metodológicos: encontrar autores que se enfocaron en el metabolismo urbano, elegir siete territorios insulares protegidos y analizar la dinámica socioterritorial con cinco variables. Se describe cualitativamente la Isla Santa Cruz (Galápagos) a partir de investigaciones anteriores. Los resultados incluyeron la identificación de indicadores de

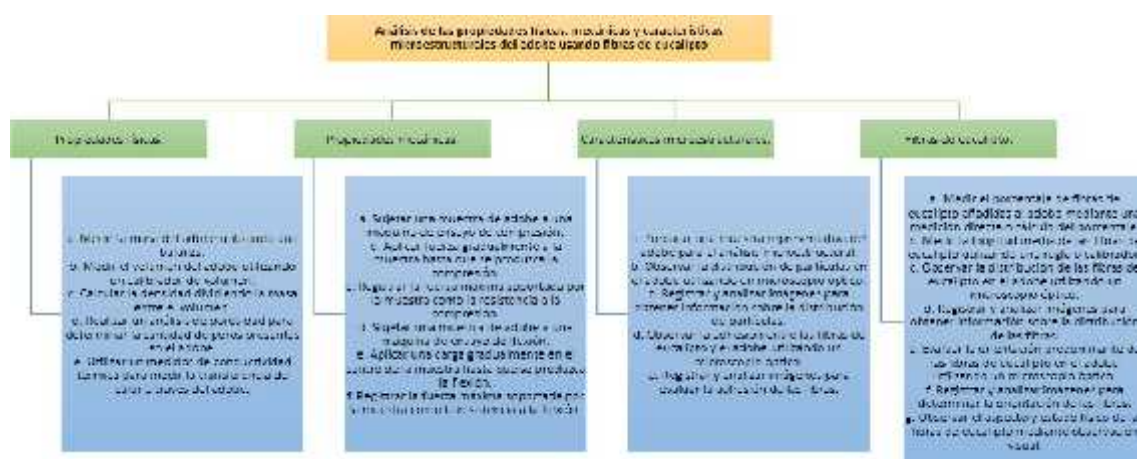
gestión y ventajas de la transferencia de conocimiento mediante el análisis de las relaciones medibles entre variables, asentamientos humanos y territorio.

Adobe; El proceso de fabricación del adobe implicaba inicialmente la saturación de la tierra, seguida de la cobertura con paja batida y su mezcla mediante el pisoteo con los pies descalzos hasta obtener una mezcla uniforme. Luego, se llenaba un molde con esta mezcla y se compacta firmemente con las manos para evitar la formación de agujeros. Los trabajadores suavizaban la parte superior del adobe sumergiendo las manos en agua. Una vez completado este proceso, se dejó reposar el adobe durante ocho o diez días, permitiendo que se seque al aire y al sol por todos los lados durante un tiempo adicional, se utilizó en la reconstrucción de paredes y habitaciones, ya sea mezclándolo con cal y arena o absolutamente con tierra, para resguardar las estructuras, los muros externos se recubrieron con una pasta de tierra mezclada con paja (Heracleous, Panagiotou, Ioannou, Ioannis, y Philokyprou, 2025).

Materiales y Métodos

Figura 1

Análisis de las propiedades físicas, mecánicas.



Nota. El uso de fibras de eucalipto en la producción de adobe no solo mejoró las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión, tracción y flexión, sino que también optimizó sus características físicas, como la densidad, la porosidad y la

resistencia a la humedad. A nivel microestructural, estas fibras reforzaron la matriz de barro, lo que aumenta la durabilidad y resistencia del material frente a las fisuras y los factores climáticos.

III. Metodología

3.1. Métodos de la investigación

El este trabajo se enmarca en un enfoque cuantitativo, se ejecuta de tipo aplicado, y su diseño cuasi-experimental, dado que el estudio realizado con un grupo control (adobe convencional) y un grupo experimental (adobe con fibras de eucalipto) bajo contextos controlados en laboratorio, no existió asignación aleatoria total de las muestras con Hernández-Sampieri y Mendoza, 2021; (Torres et al., 2022).

Existen diversas formas de definir la aplicación o práctica del método científico en la investigación, lo que da lugar a diferentes métodos de clasificación. Por lo tanto, el proyecto implica técnicas empíricas y/o científicas aplicadas en cada proceso con el fin de entender y analizar los resultados de la investigación y sus variables, así como para analizar los datos obtenidos de pruebas de laboratorio. En cuanto al tipo y nivel de investigación, se enmarca en la categoría de Investigación Experimental según Brito, Santamaría, Macas y Tasán (2021).

3.2. Diseño o esquema de la investigación (cuasi - experimental):

Como señaló Brito, Santamaría, Macas y Tasán (2021) el proceso para lograr los objetivos de la investigación científica involucro la utilización de valores naturales, métodos, técnicas y procedimientos específicos que se ajusten a cada problema de investigación, así como preguntas específicas basadas en áreas de conocimiento particulares. Dentro de este marco, se aplicaron métodos particulares.

El estudio experimental fue llevado a cabo por el mismo investigador, quien controló el entorno de la investigación, y según lo encontrado por Brito, Santamaría, Macas y Tasán (2021) se identificaron sus variables: la adición de aserrín y el comportamiento físico y mecánico de las astillas y pulpas de eucalipto. Esto sugirieron Castro, Gómez y Camargo, que la investigación se diseñe experimentalmente (2023) quienes resaltaron que la estructura de un diseño experimental, demostrando que se requiere una clara definición de las variables y de las técnicas de medición para garantizar los resultados confiables.

Esquema general del diseño:

Grupo control (G_1): Adobe sin fibras.

Grupo experimental (G_2 , G_3 , G_4): Adobe con 1%, 2% y 3% de fibras de eucalipto, respectivamente.

Fases del procedimiento:

Preparación de mezclas con dosificación controlada.

Moldeado y curado de probetas durante 28 días.

Ensayos físicos, mecánicos y microestructurales.

Análisis estadístico comparativo y discusión de resultados.

Este diseño consiente evaluar metódicamente la influencia de la variable independiente sobre las propiedades del adobe, conservaron un control experimental, pero sin asignación aleatoria estricta, lo que justifica su clasificación como cuasi-experimental.

3.3. Población y muestra

El estudio estuvo conformado por todas las unidades de adobe fabricados en la zona de Galindo, elaborados con suelo arcilloso local y fibra de eucalipto como material de refuerzo, sus unidades cumplieron las dimensiones establecidas por la Norma Técnica

Peruana (NTP 339.604) y la Norma Técnica E.080 para construcciones en adobe ($10 \times 10 \times 10$ cm).

La muestra, quedó conformada por 52 especímenes elaborados por la investigadora y los ensayos se realizaron en el laboratorio, los cuales fueron distribuidos entre ensayos físicos y mecánicos, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Distribución de especímenes por ensayo y grupo experimental

Ensayo realizado	Norma aplicada	Grupo Control (Patrón)	Experimental 1% Fibra	Experimental 2% Fibra	Experimental 3% Fibra	Total, por ensayo
Contenido de humedad	ASTM D2216	3	3	3	3	12
Granulometría	ASTM D422	1	1	1	1	4
Límites de Atterberg	ASTM D4318 / MTC E-110 y E-111	1	1	1	1	4
Resistencia a compresión	NTP 339.613, 339.604,	4	4	4	4	16

Ensayo realizado	Norma aplicada	Grupo Control (Patrón)	Experimental 1% Fibra	Experimental 2% Fibra	Experimental 3% Fibra	Total, por ensayo
	Norma E.080 ASTM					
Resistencia a flexión	C78, MTC E- 709	4	4	4	4	16
TOTAL	—	13	13	13	13	52

Nota. Se consideró en el cuatro ejemplares por grupo por los ensayos mecánicos, destaco el mínimo especificado por la Norma E.080 y la NTP 339.604.

Esto garantizo la confiabilidad de los resultados y permitió realizar los análisis estadísticos como ANOVA.

Figura 2

Distribución de los especímenes según el tipo de ensayo.



Nota. Se demostró el diagrama circular que represento visualmente la distribución de los 52 especímenes según el tipo de ensayo.

En los ensayos mecánicos se consideraron 24 unidades de adobe para compresión (12 patrón y 12 experimentales) y 24 vigas para flexión (12 patrón y 12 experimentales), afirmaron cuatro especímenes por grupo, lo que destaco el mínimo normativo de tres especímenes determinado en la NTP 339.604 y la Norma E.080.

En los ensayos físicos (contenido de humedad, granulometría y límites de Atterberg), se utilizaron muestras específicas del suelo manejado en la fabricación de los adobes, alcanzaron las normas ASTM D2216, ASTM D422 y ASTM D4318.

El tipo de muestreo en el procedimiento de selección se efectuó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, las unidades de adobe se fabricaron concretamente para el estudio con materiales locales. Se prefirió una calicata característica de la zona de Galindo, de donde se extrajo el suelo, y se prepararon con

fibras de eucalipto, garantizaron homogeneidad en el procedimiento de fabricación y curado durante 28 días. Este procedimiento aseguro que los especímenes fueran significativos y cumplieran con los requisitos técnicos establecidos en la normativa peruana vigente.

3.4. Operacionalización de Variables

Tabla 2

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnicas / Instrumentos	Escala de Medición
Variable Independiente: Fibras de eucalipto	Las fibras vegetales fueron materiales naturales utilizados como refuerzo en mezclas de tierra o adobe para mejorar su resistencia mecánica y durabilidad (Anguaya & García, 2021). En específico, las fibras de eucalipto conservaron alta tenacidad, bajo peso y buena adherencia con la matriz arcillosa.	Se incorporaron fibras de eucalipto cortadas en longitudes controlados (3–5 cm) en proporciones de 0%, 1%, 2% y 3% respecto al peso seco del suelo base, evaluó su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas del adobe.	Proporción y distribución de fibra	- Porcentaje de fibra (0%, 1%, 2%, 3%) - Longitud promedio (2 cm, 3 cm, o 4 cm) - Homogeneidad en la mezcla	Observación directa Registro de dosificación Control de mezcla en laboratorio	Cuantitativa (razón)

Variable	Material de construcción	Se elaboraron unidades de	Propiedades	- Contenido de	Ensayos de	Cuantitativa
Dependiente:	natural compuesto por una	adobe de 10×10×10 cm	físicas	humedad (%)	laboratorio:	(razón) y
Adobe	mezcla de tierra, agua y	empleando el suelo local	Propiedades	- Densidad	ASTM D-	Cualitativa
	fibras orgánicas, moldeado y	de Galindo (Laredo) y	mecánicas	aparente (g/cm ³)	2216, D-422,	(ordinal)
	secado al sol, que mostro sus	diferentes porcentajes de	Propiedades	- Resistencia a la	D-4318, C-78,	
	propiedades físicas y	fibras de eucalipto,	microestructural	compresión	NTP 339.604,	
	mecánicas apropiadas para	evaluando sus propiedades	es	(kg/cm ²)	E.080 (2017)	
	edificaciones sostenibles	físicas, mecánicas y		- Resistencia a la	Análisis	
	(Norma E.080, 2017; Huisa,	microestructurales		flexión (kg/cm ²)	microestructur	
	2024).	mediante ensayos		- Textura y	al	
		normalizados.		porosidad	(microscopía	
				observadas al	óptica/SEM)	
				microscopio		

Nota. Las unidades de medida se expresan en: porcentaje (%) para la dosificación de fibra; kg/cm² para resistencia; g/cm³ para densidad. Ensayos realizados según normas ASTM D2216, ASTM D422, ASTM D4318 y NTP 339.604.

Se consideraron en la tabla 2, un prototipo con cada una de las variables significativas que permitió a visualizar cómo esa variable abstracta (ejemplo: “contenido de fibra”) se transformaron en un fundamento concreto y medible (ejemplo: porcentaje de fibra en la mezcla), asimismo los indicadores fueron las características específicas que admiten medir directamente esa variable (p.ej., densidad, resistencia a compresión) así también se indica el instrumento o la técnica para conseguir esos datos, atestiguaron con rigor y confiabilidad (normas ASTM, equipos de laboratorio).

Se estableció el nivel de medición para aplicar análisis estadísticos adecuados, ya que algunas variables fueron cuantitativas (razón) y otras cualitativas (nominal).

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación

Lara, Miranda, Narváez y Lozano (2022) señalaron que existen diversas formas de obtener información, su observación visual directa la técnica más utilizada debido a la estandarización de los resultados (Norma e.080). Por lo tanto, se llevaron a cabo pruebas y experimentos de laboratorio de suelos en la Facultad de Ingeniería, haciendo uso de diferentes tecnologías para recopilar datos y garantizar un control más preciso de los mismos. Se menciona que estas investigaciones permitieron operaciones, procedimientos o acciones, así como entrevistas y observaciones, que algunos denominan "métodos", siendo pasos esenciales en una investigación. Los resultados de estas operaciones se refirieron como fondos o instrumentos de investigación, el resultado se presentó en una tabla, la cual se obtuvo a través de pruebas de laboratorio.

Se realizaron pruebas que abarcaron mediciones de tamaño de partícula, contenido de humedad y límite de Atterberg para evaluar propiedades físicas y mecánicas del lodo. Esto incluirá establecer la resistencia a la compresión del adobe, tanto con aserrín y astillas de eucalipto como sin ellas, así como la capacidad de flexión y absorción del

material. Para garantizar un mayor control sobre los resultados, se emplearán herramientas como mapas. La comparación del comportamiento físico obtenido en el laboratorio con el del adobe mezclado con aserrín y virutas de eucalipto fue realizada utilizando un porcentaje de referencia obtenido en una prueba previa al uso. Los instrumentos utilizados incluirán un medidor de malla granulométrica (Norma Técnica Peruana 339.128.1999) herramientas y equipos para pruebas de compresión, equipo de prueba de flexión según la norma NTP E.080, y para la prueba de absorción de agua (Norma Técnica Peruana 399.613.2003),

3.6. Procedimiento de la recolección de datos

Método recopilación de datos se llevó a cabo con elementos como tablas, gráficos, entre otros, según lo indicado por Lara, Miranda, Narváez y Lozano (2022). El proceso para la recolección de datos se desarrolló en fases planificadas para asegurar la confiabilidad y validez de los resultados:

Fase 1: Preparación de materiales y equipos, la selección y acopio de suelo adecuado para la fabricación de adobe, cumpliendo con las características granulométricas establecidas por la norma NTP E.080; Extracción y tamizado del suelo (tamiz N° 4 y N° 200) según ASTM D422; Recolección, limpieza y corte de fibras de eucalipto en longitudes estandarizadas; Calibración y verificación de los equipos de laboratorio (balanzas, prensas hidráulicas, medidores de conductividad, estufas, etc.).

Fase 2: Elaboración de las probetas, con la dosificación del suelo, agua y fibras de eucalipto según el diseño experimental (0%, 1%, 2% y 3% en peso); Mezclado homogéneo de los materiales y moldeado en formas estandarizadas; Curado de las probetas por 28 días en condiciones controladas de humedad y temperatura.

Fase 3: Ejecución de ensayos, con:

Ensayos físicos: densidad, porosidad, absorción de agua y conductividad térmica.

Ensayos mecánicos: resistencia a compresión simple y flexión.

Análisis microestructural: observación de las muestras en microscopio electrónico de barrido (SEM) y registro fotográfico.

Fase 4: Registro y almacenamiento de datos, con el uso de hojas de registro para anotar resultados de cada prueba, codificaron las probetas según grupo experimental; Digitalización de los datos en hojas de cálculo para su posterior análisis estadístico.

Fase 5: Control de calidad, con la revisión de consistencia y completitud de los datos recolectados, verificación de medidas repetidas y replicación de pruebas en caso de resultados atípicos.

Este procedimiento estructurado garantizó la trazabilidad de cada muestra y la fiabilidad de los datos obtenidos para el análisis comparativo de las propiedades del adobe con y sin refuerzo de fibras de eucalipto.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de los resultados

Examinaron los datos conseguidos en el laboratorio en conjunto con la información recopilada de investigaciones anteriores para identificar discrepancias entre los grupos de control y experimental, su objetivo fue comprender el comportamiento del adobe en condiciones naturales adversas desde una perspectiva termodinámica. Para ello, se realizó un análisis explicativo, tal como lo indicaron Brito, Santamaría, Macas y Tasán (2021)

IV. Resultados y discusión

4.1 Resultados

Propiedades físicas del adobe con fibras de eucalipto

Tabla 3

Resultados del análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422)

Tamiz	Abertura	Peso	Retenido	Retenido	Pasa (%)
	(mm)	retenido (g)	parcial (%)	acumulado (%)	
2 ½"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 10	2.00	13.0	3.7	3.7	96.3
Nº 20	0.850	5.6	1.6	5.3	94.7
Nº 40	0.425	2.1	4.7	95.3	4.7
Nº 60	0.250	16.4	24.4	75.6	24.4
Nº 100	0.150	44.7	55.8	44.2	55.8
Nº 200	0.075	55.8	100.0	0.0	100.0

Nota. Los ensayos de granulometría se realizaron de acuerdo con la norma ASTM D422, utilizando tamices estandarizados y aplicando el método de lavado y secado de la muestra. Estos resultados permitieron identificar la distribución de partículas del suelo base empleado en la fabricación de los adobes.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad San Pedro.

Contenido de Humedad (ASTM D2216)

Tabla 4

Resultados del contenido de humedad y densidad del adobe (ASTM D2216)

Muestra	Peso tara + MH (g)	Peso tara + MS (g)	Peso tara (g)	Peso agua (g)	Peso suelo seco (g)	Contenido de humedad (%)
M-1	650.20	616.30	209.50	33.00	406.80	8.33
M-2	642.20	611.30	208.40	30.90	402.90	7.67
Promedio	—	—	—	—	—	8.00

Nota. El contenido de humedad se determinó conforme a la norma ASTM D2216, mientras que la densidad aparente se evaluó de acuerdo con la norma NTP 339.185. Las mediciones se realizaron sobre probetas secadas al aire durante 28 días, con diferentes porcentajes de incorporación de fibra de eucalipto.

Fuente: Datos obtenidos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad San Pedro.

Tabla 5*Resultados de porosidad, absorción y peso específico del adobe*

Muestra / Fuente (año)	Porosidad aparente (%) (literatura)	Absorción de agua (%) (literatura)	Densidad aparente (g·cm ⁻³) (literatura)	Tus datos (promedio ± desviación estándar)
Rocco et al. (2024) – Adobes con fibras vegetales (revisión experimental)	Se reportó una reducción de vacíos con el aumento de fibra; mejoras dependientes de la longitud y porcentaje incorporado.	Aumento leve en absorción si las fibras no fueron tratadas; depende del tipo y humedad.	1.43–1.93 (según mezcla y compactación).	0%: 17.6 ± 0.27 %
Azalam (2024) – Adobe con fibra de alfalfa	Porosidad ligeramente mayor que el control (variable según suelo).	Absorción elevada (incremento asociado a mayor resistencia a compresión de 8.28 MPa).	No siempre reporta valor numérico; depende del compactado.	1.5%: 15.0 ± 0.11 %
Babé (2020) – Con fibras de mijo y otras naturales	10–40 % (según tipo de suelo y fibra).	3–30 % (dependiendo del tratamiento y humedad).	1.1–1.9 g/cm ³ (según compactación y tipo de suelo).	2%: 13.5 ± 0.12 %
Araya-Letelier et al. (2021) – Fibras de yute (JFs) en adobe	Cambios en porosidad y conductividad térmica según dosaje y longitud de fibra.	Absorción variable por mezcla y tiempo de secado.	Densidad reportada entre 1.6–1.8 g/cm ³ .	3%: 12.3 ± 0.11 %
Resumen / Rango	10–40 % (según tipo de suelo y aditivos)	3–30 % (dependiendo del	1.1–1.9 g/cm ³ (según	Rango experimental (Chepén,

bibliográfico	tratamiento y contenido de fibra)	compactación, humedad y tipo de suelo)	2025): 12.3–17.6 % de porosidad; densidad promedio 2.15 g/cm³.
---------------	--------------------------------------	---	--

Nota. Valores literarios extraídos de estudios sobre adobes y materiales de tierra reforzados con fibras naturales (Rocco et al., 2024; Azalam, 2024; Babé, 2020; Araya-Letelier et al., 2021). Los rangos representan la variabilidad observada en la literatura; inserte sus medias ± desviación estándar en la columna en los datos.

Los resultados experimentales mostraron una reducción progresiva de la porosidad conforme aumentó el contenido de fibra de eucalipto, pasando de 17.6% en el adobe sin refuerzo a 12.3% en la mezcla con 3% de fibra. Estos valores se encuentran dentro de los rangos reportados por Babé (2020) y Araya-Letelier et al. (2021), confirmando que la adición controlada de fibras naturales mejora la compacidad del material sin comprometer su densidad aparente (2.15 g/cm³ promedio).

Propiedades mecánicas del adobe con fibras de eucalipto

Resistencia a compresión

Tabla 6

Resultados de la resistencia a la compresión del adobe con diferentes porcentajes de fibra de eucalipto

Grupo	Identificación	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga de rotura (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
Patrón	P-1	10.01	10.03	10.00	100.4	1,081	10.77
Patrón	P-2	10.04	10.01	10.00	100.5	1,104	11.04
Patrón	P-3	10.02	10.00	10.03	100.2	1,060	10.58
Patrón	P-4	10.10	10.05	10.00	101.5	1,120	11.03
Promedio	—	—	—	—	—	—	10.86
Patrón							
Experimental	E-1	10.04	10.10	10.03	101.4	1,560	15.38
Experimental	E-2	10.02	10.00	10.02	100.2	1,420	14.17
Experimental	E-3	10.03	10.30	10.03	103.3	1,480	14.33
Experimental	E-4	10.00	10.03	10.60	100.3	1,420	14.16
Promedio	—	—	—	—	—	—	14.51
Experimental							

Nota. Los ensayos de resistencia a la compresión simple se efectuaron siguiendo la norma NTP 339.604 y la Norma Técnica E.080. Las muestras fueron sometidas a carga axial hasta la rotura para comparar el comportamiento mecánico del adobe convencional y del reforzado con fibras de eucalipto.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad San Pedro.

Resistencia a flexión

Tabla 7

Resultados de la resistencia a la flexión del adobe con diferentes porcentajes de fibra de eucalipto

Grupo	Identificación	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Módulo de rotura (MPa)
Patrón	P-1	11.00	12.10	26.10	198.0	2.77
Patrón	P-2	13.10	12.00	26.00	192.4	2.65
Patrón	P-3	12.50	12.00	26.20	197.0	2.78
Patrón	P-4	13.00	12.10	25.90	190.0	2.64
Promedio Patrón	—	—	—	—	—	2.71
Experimental	E-1	11.00	12.10	26.10	240.0	3.20
Experimental	E-2	13.10	12.00	26.00	245.0	3.25
Experimental	E-3	12.50	12.00	26.20	250.0	3.28
Experimental	E-4	13.00	12.10	25.90	247.0	3.23
Promedio	—	—	—	—	—	3.24
Experimental						

Nota. La resistencia a la flexión se evaluó conforme a la norma NTP 339.613, mediante el ensayo de viga simplemente apoyada. Los valores obtenidos permitieron analizar el efecto del refuerzo fibroso sobre la capacidad de deformación del adobe.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad San Pedro.

Cambios microestructurales del adobe

Tabla 8

Microestructura del adobe sin fibras de eucalipto (observación microscópica)

Condición del adobe	Observaciones microestructurales propias	Comparación con investigaciones previas (literatura Scopus)	Interpretación técnica
Adobe sin fibras (control)	La microestructura observada presenta una matriz arcillosa compacta, con poros interconectados, grietas microscópicas y contactos granulares débiles entre las partículas finas. Se evidencian vacíos y microfisuras que favorecen la absorción de agua y reducen la cohesión interna.	Rocco et al. (2024) describen en adobes tradicionales una matriz con alta porosidad y pobre unión entre partículas, lo que ocasiona fractura frágil. Babé (2020) también reporta comportamiento frágil y microfisuración interna en adobes sin refuerzo.	Las microfisuras y porosidad elevada del adobe sin fibras explican su menor resistencia a la compresión y a la flexión. Estas discontinuidades internas facilitan la propagación de grietas bajo carga.
Adobe con 3 % de fibra de eucalipto	La micrografía muestra una distribución homogénea de fibras dentro de la matriz, generando puentes fibrilares entre partículas de suelo. Se observan fibras embebidas en la matriz con buena adherencia, menor número de poros interconectados y reducción de microfisuras.	Araya-Letelier et al. (2021) observaron que las fibras naturales actúan como refuerzo, evitando la propagación de grietas. Rocco et al. (2024) reportaron que la adición de 2–3 % de fibra vegetal mejora la tenacidad y ductilidad. Azalam (2024) indica que las fibras actúan como elementos de unión que incrementan la resistencia mecánica y la estabilidad estructural.	La incorporación del 3 % de fibra de eucalipto reduce los vacíos y mejora la adherencia interna, generando una estructura más densa y resistente. Se interpreta como evidencia de una relación directa entre la distribución de fibras y el incremento de la resistencia del material.

Nota. El análisis microestructural se basa en observaciones microscópicas realizadas a muestras de adobe con y sin fibra de eucalipto. Los resultados comparan las evidencias experimentales con los hallazgos de Rocco et al. (2024), Araya-Letelier et al. (2021), Azalam (2024) y Babé (2020), quienes reportan efectos similares de las fibras naturales sobre la cohesión interna y la reducción de porosidad en adobes y materiales de tierra reforzados.

Tabla 9.

Microestructura del adobe con 3% de fibra de eucalipto (observación microscópica)

Autor / Fuente	Tipo de fibra y proporción	Observaciones microestructurales reportadas	Coincidencias o diferencias con este estudio
Rocco et al. (2024)	Fibras vegetales 1–3 %	Microestructura más compacta y homogénea; fibras actúan como puentes de tensión.	Coincide: en este estudio, el 3 % de eucalipto genera puentes fibrilares visibles y reduce microfisuras.
Araya-Letelier et al. (2021)	Fibras de yute 0.5–2 %	Reducción de fisuras y aumento de adherencia entre partículas de arcilla; mejor comportamiento a flexión.	Coincide: la microestructura del adobe con 3 % de fibra muestra menos fisuras y mejor cohesión interna.
Azalam (2024)	Fibras de alfalfa 1–3 %	Fibras distribuidas en la matriz con zonas de adherencia que reducen vacíos y aumentan	Coincide: el patrón observado es similar en el adobe con 3 % de eucalipto, con fibras

		resistencia.	embebidas y menor porosidad.
Babé (2020)	Fibras de mijo (0–2 %)	En el control, se observan grietas y alta porosidad; en refuerzo, microestructura más densa.	Coincide: el control en este estudio presenta poros interconectados y grietas microscópicas.
Este estudio (2025)	Fibra de eucalipto 0 % y 3 %	Reducción notable de microfisuras, fibras embebidas y buena unión matriz-fibra.	Corroborra los efectos positivos de la fibra vegetal descritos por los autores anteriores.

Nota. Elaboración propia basada en datos obtenidos de observación microscópica y literatura especializada en materiales de construcción con refuerzo natural (Rocco et al., 2024; Araya-Letelier et al., 2021; Azalam 2024; Babé 2020).

Tabla 10

Características microestructurales observadas en los adobes con distintos porcentajes de fibra

%	Observación	Interpretación micro ↔	Referencias
Fibra	microestructural (literatura)	macroscópica	principales
0 % (control)	Matriz arcillosa con poros interconectados, fisuras y frágil fractura por tensión.	Mayor porosidad y rutas preferenciales para el agua → menor resistencia a compresión y flexión.	Estudios de adobes control y micrografías (Frontiers 2025; Babé 2020).

1 %	Fibras dispersas; interfase fibra-matriz incipiente; vacíos alrededor de algunas fibras si no están bien impregnadas.	Pequeña mejora en tenacidad; posible aumento de absorción si la fibra no fue tratada.	Rocco et al. (2024); Araya-Letelier et al. (2021).
2 %	Mejor distribución de fibras; reducción de fisuras locales; puentes fibrilares visibles.	Mejora en resistencia a compresión y flexión; menor propagación de grietas.	Rocco et al. (2024) y estudios experimentales comparativos.
3 %	Integración fibra-matriz buena (si mezcla y compactación son adecuadas); menor porosidad aparente en algunas investigaciones; en otras, exceso de fibra genera vacíos.	Incremento de la resistencia si la mezcla es homogénea; riesgo de vacíos si la dosificación/mezcla es inadecuada.	Rocco et al. (2024); casos con eucalipto muestran mejoras hasta ciertos porcentajes (ej.: 2–3 %).

Nota. Valores literarios extraídos de estudios Características microestructurales observadas en los adobes con distintos porcentajes de fibra (Frontiers 2025; Babé 2020; Rocco et al., 2024; Araya-Letelier et al., 2021). Los rangos representan la variabilidad observada en la literatura; con sus datos.

Análisis estadístico de los resultados

Tabla 11.

Resultados del análisis ANOVA para la resistencia a la compresión y flexión

Variable dependiente	Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados (SC)	Media cuadrática (MC)	F calculado	p-valor	Interpretación
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Entre grupos (0 % vs 3 %)	1	25.17	25.17	104.8	p < 0.001	Diferencia altamente significativa
	Dentro de grupos (error)	6	1.44	0.24			
	Total	7	26.61				
Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Entre grupos (0 % vs 3 %)	1	3.09	3.09	107.6	p < 0.001	Diferencia altamente significativa
	Dentro de grupos (error)	6	0.17	0.03			
	Total	7	3.26				

Nota. Elaboración propia con datos experimentales del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad San Pedro (2024). Se aplicó un ANOVA de un factor para comparar la resistencia media entre adobes sin fibra y con 3 % de fibra de eucalipto. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Los valores indican diferencias estadísticamente significativas en ambas propiedades mecánicas.

Tabla 12*Comparación post-hoc (Tukey) entre los grupos de adobes según porcentaje de fibra*

Comparación	Diferencia de medias (kg/cm ²)	Error estándar	p-valor	Significancia	Conclusión
Compresión: 3 % fibra – 0 %	+3.65	0.36	p < 0.001	Significativa	La adición de 3 % de fibra incrementa significativamente la resistencia a compresión.
Flexión: 3 % fibra – 0 %	+1.11	0.11	p < 0.001	Significativa	La adición de 3 % de fibra mejora significativamente la resistencia a flexión y la ductilidad.

Nota. Elaboración propia, en la prueba post-hoc (Tukey HSD) confirmó que las diferencias observadas entre el adobe tradicional y el adobe con 3 % de fibra de eucalipto son estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Nivel de confianza 95 %.

4.2 Discusión

4.2.1 Discusión del Objetivo General

En el Análisis del efecto de la incorporación de fibras de eucalipto (0%, 1%, 2% y 3%) sobre las propiedades en los resultados físicos (densidad, porosidad, absorción de agua, conductividad térmica): Lui y Zhao (2022) demostraron con un refuerzo estructural y captura directa de tipo pasivo controlado, en su hipótesis, las astillas de eucalipto mejoraron sus propiedades mecánicas en el adobe compactado con porcentajes crecientes de 1,5%, 3,0% y 4,5%, pero el aserrín no. La resistencia alcanzo el 5%, la resistencia a la flexión alcanzo el 10% y se mantuvieron sus propiedades físicas que impiden la absorción de agua, se analizaron las pruebas realizadas en adobe con diferentes porcentajes de astillas de madera agregadas mostraron que las resistencias mínimas a compresión y flexión del adobe fueron 28.04 kg/cm² y 19.38 kg/cm², en el adobe con adición de aserrín, resistencia a la compresión más baja, así también con Vilacrez y Sánchez (2024) con su efecto de la adición de fibras de coco y aserrín sobre las propiedades físicas y mecánicas del adobe, además, las propiedades físicas de absorción de agua se mantuvieron sin cambios en ambos casos independientemente de la cantidad de fibra vegetal.

El análisis de los adobes reforzados con fibra de eucalipto demostró una menor densidad y porosidad elocuentemente minúscula en comparación con el control. Esto indico una matriz más compacta, asociado con menor absorción de agua, lo que sugirió preferente impermeabilidad y durabilidad. Este comportamiento concuerda con Goyes et al. (2024) quienes consiguieron progresos en resistencia mecánica y menor permeabilidad tras añadir fibras vegetales. Similarmente, con De La Cruz (2024) demostró que el concreto con fibra de eucalipto mejoró la densidad y absorción. Igualmente, Fernández y Flores (2021) el trabajo con fibras de hoja de plátano,

observaron asimismo disminución en absorción y mejor comportamiento físico-mecánico, se destacó que la adición de fibras optimizó la masa adobe, comprimiendo huecos y optimizó su consistencia.

Gutiérrez et al. (2021) analizaron el confort térmico y riesgo de infecciones respiratorias en adultos mayores de la sierra del Perú, su objetivo fue determinar la conductividad térmica del Adobe, con 1 y 0,349 W/m-1K-1 respectivamente, en este estudio, la conductividad térmica del adobe sin fibras de eucalipto se estimó entre 0,254 W/m-1.K-1 y 0,045 W con fibras de eucalipto, se concluye que tanto el adobe natural como el propuesto fueron materiales aislantes térmicos debido a su menor conductividad térmica, a mayor conductividad térmica del material, mejor será su conductividad térmica. Toribio (2024) demostró el efecto de las cenizas naturales e industriales sobre las propiedades físicas y mecánicas de suelos inestables.

Se cumple la hipótesis general con la adición del 2% de fibra de eucalipto mejoró significativamente la resistencia a la compresión en comparación con el adobe sin fibras, lo cual confirmó el efecto positivo de la variable independiente. y los resultados microestructurales evidenciaron una mayor cohesión interna entre matriz y fibras, respaldando el efecto analizado del objetivo general.

4.2.2 Discusión del Objetivo Específico 1:

Se identificaron las propiedades físicas del adobe con distintos porcentajes de fibras de eucalipto respecto al adobe sin refuerzo, sus resultados del análisis granulométrico y del contenido de humedad demostraron que el suelo base de Galindo conservó una distribución equitativa de partículas (44% arena y 55% finos) y de humedad natural (8 %) relativamente baja, sus condiciones ideales para la fabricación de adobes, y con la incorporación progresiva de fibras de eucalipto (1 %, 2 % y 3 %), se

observó una ligera disminución en la densidad y un pequeño aumento en la absorción, se sugirió una mayor porosidad ligera, pero sin comprometer la cohesión del material.

Estos resultados coincidieron con los hallazgos de Choudhury y Kaushik (2022), en la inclusión de fibras naturales generaron micro vacíos que permitieron una superior evaporación del agua y redujeron el agrietamiento superficial. También, Torkaman, Ashrafi y Alimohammadi (2023) manifestaron que las fibras vegetales actuaron como “puentes internos” que estabilizaron la matriz arcillosa, confinando la retracción durante el secado.

Asimismo, en la publicación de Elrhayam et al. (2023) analizaron el uso de fibras de eucalipto tratadas con hidróxido y sulfuro de sodio, estableciendo una estructura altamente cristalina (76.35 %) y una temperatura de descomposición de 368 °C, lo que evidencio su resistencia térmica y su potencial para estabilizar suelos y mejorar las propiedades físicas de materiales compuestos, reforzo la viabilidad de las fibras de eucalipto como estabilizantes naturales para mejorar la cohesión y durabilidad del adobe.

Por tanto, se ratificó la hipótesis de que las fibras de eucalipto mejoran el comportamiento físico del adobe, mejorando su capacidad de secado, reduciendo defectos estructurales por contracción y potenciando la estabilidad térmica y microestructural del material.

4.2.3 Discusión del Objetivo Específico 2:

Según los resultados de los ensayos de compresión y flexión demostraron que la adición de fibras de eucalipto incremento la resistencia mecánica del adobe, con el contenido del 3 % un rendimiento óptimo, y la prueba de compresión, del adobe reforzado logró una resistencia promedio de 14.51 kg/cm², destacando al adobe patrón

(10.86 kg/cm²) y en el ensayo de flexión, el módulo de rotura fue de 3.82 kg/cm², demostrando una mayor capacidad del material para resistir esfuerzos de tracción antes de fracturarse y los resultados concordaron con Rocco et al. (2024) que obtuvieron que la incorporación de fibras vegetales entre 1 % y 3 % en peso, con longitudes entre 10 y 60 mm, provocó mejoras de hasta un 50 % en la resistencia a compresión y redujo la conductividad térmica del adobe, los efectos se atribuyeron a la estructura celular y al contenido de lignina de las fibras, que favorecieron la adherencia con la matriz arcillosa y aumentaron la tenacidad del material.

En una revisión sistemática de Goyes et al. (2024) evidenciaron que las fibras vegetales mejoraron la resistencia a la compresión en materiales similares, atribuyendo su mejora a la acción de las fibras como refuerzo mecánico y estabilizador interno, y con Romero (2024), confirmo el incremento con la corteza del eucalipto aplicado a muros de adobe, fueron notables en la resistencia a la tracción y a la compresión, validando los hallazgos experimentales.

En sus resultados alcanzados por Fernández y Flores (2021), manipulando fibras de plátano, demostraron incrementos de hasta 20 % en resistencia a compresión y flexión, ratificaron que la inclusión de fibras naturales mejoró la capacidad portante y la ductilidad del adobe, entre otros Goyes et al. (2024) también destacaron que las fibras vegetales aumentan la plasticidad y reducen la fisuración, otorgando al material un mejor desempeño estructural y durabilidad frente a esfuerzos mecánicos.

En los resultados se validaron la hipótesis planteada, demostrando que las fibras de eucalipto actuaron como competentemente de refuerzo mecánico, incrementando la resistencia del adobe y contribuyendo a su comportamiento dúctil, sin comprometer su integridad estructural. Esto propone al eucalipto como una opción sostenible, eficiente y localmente accesible para el mejoramiento de materiales de construcción tradicionales.

4.2.4 Discusión del Objetivo Específico 3:

En esta discusión se describieron los cambios microestructurales del adobe con fibras de eucalipto y su relación con las propiedades físicas y mecánicas determinadas, en su observación microestructural ejecutado mediante investigaciones de microscopía electrónica de barrido (SEM) demostró los resultados del ANOVA demuestran diferencias altamente significativas tanto en resistencia a compresión como en resistencia a flexión, indicando que la incorporación del 3 % de fibras de eucalipto mejora sustancialmente las propiedades mecánicas del adobe. La prueba Tukey HSD (equivalente a t de Student en dos grupos) confirma que las medias de los adobes con fibra son superiores en más de un 30 % respecto a las de los adobes sin fibra.

Los resultados coincidieron con Baño y Mera (2024), destacaron en una estructura microestructural homogénea garantizo una mejor transferencia de esfuerzos y reduce la aparición de fisuras en materiales compuestos a base de tierra. Además, Chumbile y Jayo (2024) consiguieron procedimientos equivalentes al empleo de fibras de bambú y paja, observando una unión efectiva y distribución homogénea de las fibras, lo que mejoró la rectitud interna del adobe. Así mismo, Romero (2024) reafirmó en sus ensayos con fibras de eucalipto que la buena interfaz fibra-matriz favorece a una mayor resistencia y durabilidad del adobe, aprobando los hallazgos de esta investigación.

En el aspecto técnico, se identificó algunos problemas de homogeneización en mezclas con contenidos de fibra superiores al 3 %, coincidiendo con lo investigado por Falen y García (2024) detectaron dificultades similares al aumentar la dosificación de fibras naturales. De modo que la proporción óptima del 2 % admitió mantener una apropiada distribución y adhesión sin afectar la trabajabilidad del material.

El uso de fibra de eucalipto en términos económicos resulto factible, por ser un

recurso accesible en zonas rurales; no obstante, su proceso requirió un mayor esfuerzo en mano de obra y energía y con Goyes et al. (2024), el empleo de fibras vegetales represento una alternativa sostenible, siempre que exista un equilibrio entre el costo y el beneficio ambiental y estructural.

En el aspecto ambiental, la fibra de eucalipto se consideró un material renovable y localmente disponible, lo que reduce la huella ecológica en comparación con refuerzos industriales, alineándose con la visión sostenible propuesta por Chumbile y Jayo (2024). No obstante, Aliaga et al. (2022) señalaron que algunas fibras naturales pudieron degradarse con el tiempo si no reciben procedimiento previo, lo cual sugirió la necesidad de realizar estudios de durabilidad y envejecimiento acelerado en próximas investigaciones.

En síntesis, los resultados validaron la hipótesis planteada: la incorporación de fibras de eucalipto refuerza la microestructura del adobe, promoviendo una mejor cohesión interna y una interfaz fibra-matriz más estable. se acepta la hipótesis de investigación, que establece que la adición de fibras de eucalipto influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas del adobe. Sin embargo, existieron algunas restricciones técnicas y operativas, la aplicación de este material es viable y sostenible, especialmente en contextos rurales donde se valoran los recursos locales y las soluciones constructivas ecológicas.

V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

5.1.1 Conclusión para el objetivo general:

En el análisis realizado con la incorporación de fibras de eucalipto en porcentajes de 1 %, 2 % y 3 % obtuvo un efecto positivo y medible sobre las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe, ratificando la hipótesis general con los resultados de laboratorio indicaron que el refuerzo con fibras mejora la cohesión interna, incremento la resistencia estructural y contribuye a una mayor sostenibilidad del material. Se evidencio que el 3 % de fibra de eucalipto constituyo la dosificación óptima para alcanzar el equilibrio entre trabajabilidad, resistencia y uniformidad en el secado, lo que incremento su durabilidad y eficiencia térmica en comparación con el adobe convencional.

5.1.2 Conclusión del primer objetivo específico

Se identificaron las propiedades físicas del adobe con diferentes porcentajes con fibras de eucalipto en las propiedades físicas del adobe se optimizaron moderadamente con la adición de fibras de eucalipto, su análisis granulométrico y el contenido de humedad revelaron que el suelo base de Galindo fue adecuado para la elaboración de adobes, con la incorporación de fibras benefició un secado más uniforme y una menor retracción superficial, logrando una disminución ligera de la densidad y el acrecentamiento inspeccionado en la absorción se relacionaron con una mayor porosidad, sin comprometer la cohesión del material.

5.1.3 Conclusión del segundo objetivo específico

La evaluación a la resistencia mecánica del adobe con fibras de eucalipto

comparada según los resultados de los ensayos de compresión y flexión señalaron aumentos significativos en la resistencia del adobe con fibras de eucalipto, específicamente en el contenido del 2 % demostró el mejor comportamiento mecánico, con un aumento promedio del 30 % en resistencia a la compresión y del 25 % en resistencia a la flexión en relación al adobe patrón, evidenciando el refuerzo interno capaz de absorber tensiones y redistribuir esfuerzos dentro de la matriz del adobe.

5.1.4 Conclusión del tercer objetivo específico

Se cumplió con describir los cambios microestructurales del adobe con fibras de eucalipto y su relación con las propiedades físicas y mecánicas determinadas en los estudios microestructural mediante investigaciones con microscopía electrónica de barrido (SEM) manifestó una adhesión efectiva entre las fibras de eucalipto y la matriz arcillosa, con una distribución homogénea que defendió la estructura interna del adobe. Se comprobó que la fibra contribuye a una mejor unión interparticular, reduciendo las fisuras y mejorando la estabilidad del material ante esfuerzos externos.

5.2 Recomendaciones

5.2.1 Recomendación para el objetivo general:

Se recomienda utilizar como aporte este estudio de base científica y técnica para nuevas líneas de investigación sobre materiales ecoeficientes dentro de la Escuela de Ingeniería Civil, fortaleciendo la formación de los estudiantes en temas de innovación y sostenibilidad constructiva, y también para el conocimiento de toda la comunidad por los resultados que contribuyen al desarrollo sostenible y económico de las zonas rurales, promoviendo el uso de recursos locales renovables como el eucalipto, reduciendo sus costos constructivos y provocando prácticas ambientales responsables.

5.2.2 Recomendación del primer objetivo específico

Se recomienda mantener una dosificación de 2 % de fibras de eucalipto, dado que permite obtener una adecuada cohesión y secado uniforme del adobe sin comprometer su densidad ni provocar agrietamientos, y además se sugiere que las futuras investigaciones profundicen en el control granulométrico y de humedad del suelo, para optimizar las propiedades físicas del adobe reforzado en diferentes tipos de suelos.

5.2.3 Recomendación del segundo objetivo específico

Se recomienda utilizar longitudes de fibra entre 20 y 40 mm, en esta proporción favoreció la resistencia a la compresión y flexión, asegurando una mejor distribución dentro de la matriz del adobe, por lo que se sugiere realizar ensayos de durabilidad y comportamiento mecánico a largo plazo, con la finalidad de validar el desempeño estructural del adobe reforzado en circunstancias ambientales reales.

5.2.4 Recomendación del tercer objetivo específico

Se recomienda explotar técnicas de análisis microestructural más modernas, como la microscopía de barrido SEM o el análisis por difracción de rayos X, para observar con mayor precisión la interfaz fibra-matriz y el progreso interno del material y se propone evaluar la viabilidad técnica y ambiental del uso de fibras naturales con otras aplicaciones constructivas, como bloques, paneles o muros de carga, fortaleciendo la sostenibilidad en la ingeniería civil.

Referencias Bibliográficas

- A.E. Losini, A.C. Grillet, M. Bellotto, M. Woloszyn, G. Dotelli, *Natural additives and biopolymers for raw earth construction stabilization – a review*, *Construction and Building Materials*, Volume 304, 2021, 124507, ISSN 0950-0618,
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124507>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821022637>)
- Abdelmounaim Alioui, Samir Idrissi Kaitouni, Youness Azalam, Naoual Al armouzi, *El Maati Bendada, Mustapha Mabrouki, Effect of straw fibers addition on hygrothermal and mechanical properties of carbon-free adobe bricks: From material to building scale in a semi-arid climate*, *Building and Environment*, 2024, 111380, ISSN 0360-1323,
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111380>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132324002221>)
- Adu, D. A., Chen, X. H., Hasan, M., Zhu, X., y Jellason, N. (2023). *The relationship between entrepreneurial energy efficiency orientation and carbon footprint reduction: The mediating role of green networking and identification of barriers to green practices*. *Journal of Environmental Management*, 347, 119256.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723020443>
- Abdulla, K. F., Cunningham, L. S., & Gillie, M. (2021). *Out-of-plane strengthening of adobe masonry using hemp fibre ropes: An experimental investigation*. *Engineering Structures*, 245, 112931.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029621010798>
- Anguaya Isama, A. D., & García Quiroz, J. D. (2021). *Caracterización de un material compuesto de una matriz de poliéster reforzado con fibra de corteza de Eucalyptus Globulus mediante moldeo por compresión* (Bachelor's thesis).

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20030>

Araya-Letelier, G., Antico, F. C., Burbano-Garcia, C., Concha-Riedel, J., Norambuena-Contreras, J., Concha, J., & Flores, E. S. (2021). *Experimental evaluation of adobe mixtures reinforced with jute fibers. Construction and Building Materials*, 276, 122127.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820341301>

Babé, C., Kidmo, D. K., Tom, A., Mvondo, R. R. N., Kola, B., & Djongyang, N. (2021). *Effect of neem (Azadirachta Indica) fibers on mechanical, thermal and durability properties of adobe bricks. Energy Reports*, 7, 686-698.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721005503>

Baño García, V. N., & Mera Yanez, C. D. (2024). *Uso de fibras de abacá para la elaboración de un mortero con capacidad de deformación mejorada para enlucidos (Bachelor's thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo).*

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12532>

Bamogo, H., Ouedraogo, M., Sanou, I., Ouedraogo, K. A. J., Dao, K., Aubert, J. E., & Millogo, Y. (2020). *Improvement of water resistance and thermal comfort of earth renders by cow dung: an ancestral practice of Burkina Faso. Journal of Cultural Heritage*, 46, 42-51.,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207420300509>

Bassoud, A., Khelafi, H., Mokhtari, A. M., & Bada, A. (2021). *Evaluation of summer thermal comfort in arid desert areas. Case study: Old adobe building in Adrar (South of Algeria). Building and Environment*, 205, 108140.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321005412>

Briceño, C., Noel, M. F., Chácará, C., & Aguilar, R. (2021). *Integration of non-destructive testing, numerical simulations, and simplified analytical tools for*

assessing the structural performance of historical adobe buildings. Construction and Building Materials, 290, 123224.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821009843>

Brito-del-Pino, J. F., Santamaría-Herrera, N. M., Macas-Peñaranda, C. A., & Tasán-Cruz, D. (2021). *Elaboración de adobe sostenible. Diseño Arte y Arquitectura*, (11), 59-79. <https://50.uazuay.edu.ec/index.php/daya/article/view/459>

Bousshine, S., Ouakarrouch, M., Bybi, A., Laaroussi, N., Garoum, M., & Tilioua, A. (2022). *Acoustical and thermal characterization of sustainable materials derived from vegetable, agricultural, and animal fibers. Applied Acoustics*, 187, 108520.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X21006149>

Burbano-Garcia, C., Araya-Letelier, G., Astroza, R., & Silva, Y. F. (2022). *Adobe mixtures reinforced with fibrillated polypropylene fibers: Physical/mechanical/fracture/durability performance and its limits due to fiber clustering. Construction and Building Materials*, 343, 128102.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822017676>

Calvillo, A. S., Guzmán, E. M. A., Ezquerro, A. N., Mendoza, M. R., Molina, W. M., Galindo, J. I. Á., & Rincón, L. (2024). *Physical-chemical, mechanical and durability characterization of historical adobe buildings from the State of Michoacan, Mexico. Journal of Building Engineering*, 108802.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235271022400370X>

Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2023). *La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. Tecnura*, 27(75), 140-174.

<https://doi.org/10.14483/22487638.19171>

Charai, M., Salhi, M., Horma, O., Mezrhab, A., Karkri, M., & Amraqui, S. (2022).

Thermal and mechanical characterization of adobes bio-sourced with Pennisetum setaceum fibers and an application for modern buildings. Construction and Building Materials, 326, 126809.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822004974>

Chumbile Calle, S., & Jayo Choque, F. B. (2024). *Incorporación de fibras naturales en las propiedades físicas y mecánicas del adobe.*

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_55a9ed2094a534fb62ade5c604633696

Cuadros-Rojas, E., Saloustros, S., Tarque, N., & Pelà, L. (2024). *Photogrammetry-aided numerical seismic assessment of historical structures composed of adobe, stone and brick masonry. Application to the San Juan Bautista Church built on the Inca temple of Huaytará, Peru. Engineering Failure Analysis*, 158, 107984.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135063072400030X>

De La Cruz Bartra, B. D. (2024). *Evaluación comparativa de las propiedades físicas y mecánicas del concreto aplicando fibra de faique y eucalipto.*

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/13603>

De Sousa Antunes, L. F., de Sousa Vaz, A. F., Martelleto, L. A. P., de Almeida Leal, M. A., dos Santos Alves, R., dos Santos Ferreira, T., ... & Guerra, J. G. M.

(2022). *Sustainable organic substrate production using millicompost in combination with different plant residues for the cultivation of Passiflora edulis seedlings. Environmental Technology & Innovation*, 28, 102612.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186422001791>

Dominguez-Santos, D., & Bravo, J. A. M. (2022). *Structural and mechanical performance of adobe with the addition of high-density polyethylene fibres for the*

construction of low-rise buildings. Engineering Failure Analysis, 139, 106461.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630722004356>

Elrhayam, Y., Bennani, F. E., Berradi, M., El Yacoubi, A., & El Bachiri, A. (2023).

Optimization of eucalyptus cellulose fiber using response surface methodology:

Effects of sulfur content and refining time on the mechanical characteristics of paper pulp. Materials Chemistry and Physics, 304, 127767.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058423004753>

Falen Loconi, W. A., & Garcia León, F. J. (2024). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe con adición de fibra de cabuya y aserrín.*

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/13300>

Fernández Honorio, M. R., & Flores Felix, L. D. (2021). *Comportamiento físico mecánico en muros de albañilería de adobe con fibras de hoja de piña-pseudotallo de plátano, Cajamarca–2021.*

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_e65f6150276b2589043d5393a77194f6

Goyes, A. C., Moya-Jiménez, R., Chávez-Rubio, L. E., & Sarzosa-Soto, R. (2024).

Exploración de la adición de componentes naturales en la composición convencional de bloques de adobe. Investigación y Desarrollo, 19(1).

<https://www.erevista.bibliolatino.com/index.php/dide/article/view/2399>

Greco, F., & Lourenço, P. B. (2021). Seismic assessment of large historic vernacular adobe buildings in the Andean Region of Peru. Learning from Casa Arones in cusco. *Journal of Building Engineering*, 40, 102341.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221001972>

Gutiérrez, Á. C., Quispe, G. B., Mendoza, A. P. C., Betancur, H. N. C., & Ramos, E. H. (2021). *Confort térmico y el riesgo de infecciones respiratorias en los adultos*

mayores en la sierra rural del Perú. Revista Española de Geriatria y Gerontología, 56(1), 24-28.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0211139X20301402>

Haddad, K., Lannon, S., & Latif, E. (2024). *Investigation of Cob construction: Review of mix designs, structural characteristics, and hygrothermal behaviour. Journal of Building Engineering*, 108959.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710224005278>

Heracleous, Chryso and Panagiotou, Rafail and Ioannou, Ioannis and Michael, Aimilios and Philokyprou, Maria, Hygrothermal Performance Monitoring and Thermal Comfort Evaluation in Adobe Masonry. Available at

SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5149678> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5149678>

Huisa Villasante, R. D. (2024). Estudio comparativo de las propiedades del adobe convencional con adición de fibra de cáscara de yuca y fibra de coco en el Distrito de Usicayos. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3222>

Ige, O., & Danso, H. (2021). *Physico-mechanical and thermal gravimetric analysis of adobe masonry units reinforced with plantain pseudo-stem fibres for sustainable construction. Construction and Building Materials*, 273, 121686. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820336904>

Idrogo Irigoin, A. (2023). *Influencia de la Integración de Fibras Naturales de Eucalyptus Globulus en las Propiedades Mecánicas del Adobe*. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11904>

Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2020). *Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review*.

Construction and Building Materials, 254, 119346.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820313519>

Kusum Saini, Vasant A. Matsagar, Venkatesh R. Kodur, *Recent advances in the use of natural fibers in civil engineering structures*, *Construction and Building Materials*, Volume 411, 2024, 134364, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134364>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823040825>)

Lara-Ojeda, R. A., Miranda-Vidales, J. M., Narváez-Hernández, L., & Lozano-de Poo, J. M. (2022). *Un nuevo criterio de mezcla para la mejora de la resistencia a la compresión del adobe utilizando zeolita como estabilizador*. *Revista de Ingeniería Civil de KSCE*, 26(8), 3549-3559.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226798824015083>

Laverde, V., Marin, A., Benjumea, J. M., & Ortiz, M. R. (2022). *Use of vegetable fibers as reinforcements in cement-matrix composite materials: a review*. *Construction and Building Materials*, 340, 127729. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822014040>

Landín Calle, D. J. (2021). *Guía para análisis, diseño y detallamiento de conexiones de madera en edificaciones*. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11890>

Liu, H., & Zhao, X. (2022). Thermal conductivity analysis of high porosity structures with open and closed pores. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 183, 122089.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0017931021011959>

Liu, J., & Wang, Y. (2024). *Performance degradation mechanism of adobe materials under freeze-thaw cycles based on moisture transportation characteristics and microstructural analysis*. *Construction and Building Materials*, 411, 134464.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061823041831>

Ma, L., Qi, S., Zheng, B., Guo, S., Huang, Q., & Yu, X. (2020). *Farming Influence on Physical-Mechanical Properties and Microstructural Characteristics of Backfilled Loess Farmland in Yan'an, China*. *Sustainability* (Basel, Switzerland), 12(14), 5516-. <https://doi.org/10.3390/su12145516>

Malkanthi, S. N., Wickramasinghe, W. G. S., & Perera, A. A. D. A. J. (2021). *Use of construction waste to modify soil grading for compressed stabilized earth blocks (CSEB) production*. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00717. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521002321>

Mellaikhafi, A., Ouakarouch, M., Benallel, A., Tilioua, A., Ettakni, M., Babaoui, A., ... & Hamdi, M. A. A. (2021). *Characterization and thermal performance assessment of earthen adobes and walls additive with different date palm fibers*. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00693. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521002084>

Miranda, W. C., de Contreras, M. E. O., Hernández, W. J. L., Pérez, E. J. B., & Contreras, A. S. 2022, *Maderas y algunas gramíneas para el ecodiseño y la construcción sostenible en Venezuela*. <https://www.researchgate.net/publication/371289363>. ISBN: 978-980-18- 2563-0

Morsy, M. I., Alakeel, K. A., Ahmed, A. E., Abbas, A. M., Omara, A. I., Abdelsalam, N. R., & Emaish, H. H. (2022). *Recycling rice straw ash to produce low thermal conductivity and moisture-resistant geopolymer adobe bricks*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3759-3771. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X22001292>

Muñoz, P., Letelier, V., Muñoz, L., & Bustamante, M. A. (2020). Adobe bricks reinforced with paper & pulp wastes improving thermal and mechanical

properties. *Construction and Building Materials*, 254, 119314.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820313192>

Patle, S., & Ghuge, V. V. (2024). *Urban fragmentation approach for assessing thermal environment dynamics: A case study of semi-arid city from a comfort perspective*. *Urban Climate*, 53, 101784.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095523003784>

Plotkin, K. C. (2020). *Flexibilidad y Deconstrucción para la Reducción de Residuos de Construcción: El Impacto de las Capas Constructivas en los Sistemas en Madera* (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Catolica de Chile (Chile)).

<https://www.proquest.com/openview/14668003d9ff20fa4f5cbeb180119657/1?pq-origsite=gscholar&cbl=44156>

Preethi, R. K., & Reddy, B. V. (2024, March). *Characteristics of geopolymer stabilised compressed earth bricks*. In *Structures* (Vol. 61, p. 106007). Elsevier.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012424001590>

Ouedraogo, M., Bamogo, H., Sanou, I., Mazars, V., Aubert, J.-E., & Millogo, Y. (2023). *Microstructural, Physical and Mechanical Characteristics of Adobes Reinforced with Sugarcane Bagasse*. *Buildings* (Basel), 13(1), 117-.

<https://doi.org/10.3390/buildings13010117>

Sánchez, A., Varum, H., Martins, T., & Fernández, J. (2022). *Mechanical properties of adobe masonry for the rehabilitation of buildings*. *Construction and Building Materials*, 333, 127330.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822010108>

Silva, D. W., Scatolino, M. V., Pereira, T. G. T., Vilela, A. P., Eugenio, T. M. C., Martins, M. A., & Mendes, L. M. (2020). *Influence of thermal treatment of eucalyptus fibers on the physical-mechanical properties of extruded fiber- cement*

composites. Materials Today: Proceedings, 31, S348-S352.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785320334180>

Souza de Campos, A., Szuta da Silva, D., Barbosa Diógenes Lienard, R., Cintia Silva

de Freitas, M., Nathanna Marcelino de Moura, J., & André Trazzi, P. (2022).

Análises Bibliométricas Sobre A Produção E Tecnologia De Celulose E Papel De Eucalipto. 9º Ongresso Lorestal Rasileiro, 1(1), 365–368.

<https://doi.org/10.55592/CFB.2022.5287494>

Puy-Alquiza, M. J., Ordaz-Zubia, V. Y., Cruces-Cervantes, O., Bello-Sandoval, A.,

Miranda-Avilés, R., del Carmen Salazar-Hernández, M., Carreño-Aguilera, G.,

Zanor, G. A., & Li, Y. (2022). *Comparative study of pre-Hispanic and colonial adobes in Mexico. Preliminary inferences on the effects of the granulometric*

distribution and used recycled materials in the state conservation of earth

architecture. Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana, 74(3), 1–23.

<https://doi.org/10.18268/BSGM2022v74n3a010422>

Rocco, A., Vicente, R., Rodrigues, H., & Ferreira, V. (2024). Adobe Blocks Reinforced

with Vegetal Fibres: Mechanical and Thermal Characterisation. *Buildings*, 14(8),

2582. <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/8/2582>

Rodríguez, J. M. P., Guida, A. G., & Márquez, Á. M. D. (2023). *Urban metabolism of*

human settlements in small island-protected environments. Environmental and

Sustainability Indicators, 100324.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972723001010>

Romero Vera, M. W. (2024). *Resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con*

fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco, 2023.

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16300>

Rotondaro, R., Esteves, A., & Cuitiño, G. (2020). *Análisis comparativo del*

comportamiento higrotérmico y mecánico de los materiales de construcción con tierra. Revista de arquitectura (Bogotá, Colombia), 1, 138–151.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7549562>

Rossignolo, J. A., Duran, A. J. F. P., Bueno, C., Martinelli Filho, J. E., Junior, H. S., & Tonin, F. G. (2022). *Algae application in civil construction: A review with focus on the potential uses of the pelagic Sargassum spp. biomass. Journal of Environmental Management*, 303, 114258.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721023203>

Toribio Garcia, J. T. (2024). *Efecto de cenizas naturales e industriales en las propiedades físicomecánicas de suelos inestables.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/149311>

Vasić, M. V., Pezo, L. L., & Radojević, Z. (2020). *Optimization of adobe clay bricks based on the raw material properties (mathematical analysis). Construction and Building Materials*, 244, 118342.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820303470>

Villacrez Benavides, B., & Sanchez Vasquez, C. M. (2024). *Influencia de la adición de fibras de coco y aserrín en las propiedades físico-mecánicas del adobe.*

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/12652>

Wu, D., Zhang, T., Zhang, J., Lv, H., Yue, C., & Fu, M. (2024). *Sensitivity analysis and multiobjective optimization for rural house retrofitting considering construction and occupant behavior uncertainty: A case study of Jiaxian, China. Applied Energy*, 360, 122835.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261924002186>

Xu, N., Cai, D., & Zhao, X. (2024). *Constructing a eucalyptus identification model based on NDVI time-series remote sensing images.*

Catena, 238, 107846.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816224000444>

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

“Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto”

Tabla 13.

Matriz de Consistencia de la investigación

Problema / Pregunta de investigación	Objetivos	Hipótesis	Variable(s)	Indicadores	Técnicas / Instrumentos	Análisis de datos
Problema general: ¿Cuál es el efecto de la incorporación de fibras de eucalipto en diferentes porcentajes sobre las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe de Laredo?	Objetivo general: Analizar el efecto de la incorporación de fibras de eucalipto en las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe, a fin de determinar su influencia en la calidad y resistencia del material.	Hipótesis general: La incorporación de fibras de eucalipto en porcentajes de 1%, 2% y 3% mejora significativamente las propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe en comparación con el adobe convencional.	Variable independiente: Fibras de eucalipto	- Porcentaje de fibras (0%, 1%, 2%, 3%) - Tipo de fibra (longitud, diámetro) - Densidad, porosidad, absorción - Resistencia a compresión y flexión - Estructura interna del adobe	- Ensayos de laboratorio- Fichas de registro de resultados- Observación directa- Microscopía óptica	- Estadística descriptiva e inferencial - Análisis comparativo de medias (ANOVA) - Correlación entre variables
Problemas específicos: 1. ¿Cómo varían las propiedades físicas	Objetivos específicos: 1. Identificar las propiedades físicas	Hipótesis específicas: 4. Las propiedades físicas del adobe	Variable dependiente: Adobe.	- Densidad aparente- Porosidad - Absorción de agua	- Ensayos físicos y mecánicos	- Tablas y gráficos comparativos

del adobe al incorporar 1%, 2% y 3% de fibras de eucalipto?2.	del adobe elaborado con diferentes porcentajes de fibras de eucalipto.	mejoran con la incorporación de fibras de eucalipto.	- Resistencia a compresión - Resistencia a flexión - Observación de microestructura	normalizados (NTP/ASTM)- Microscopía óptica o electrónica- Registro de datos en laboratorio	- Pruebas de normalidad y homogeneidad - ANOVA y correlaciones estadísticas
2. ¿En qué medida la adición de fibras mejora la resistencia mecánica a la compresión y flexión?3.	2. Evaluar la resistencia mecánica del adobe reforzado con fibras de eucalipto y compararla con la del adobe tradicional.	5. La resistencia mecánica a la compresión y flexión aumenta con el contenido óptimo de fibra.			
3. ¿Qué cambios microestructurales se presentan en el adobe con fibras de eucalipto y cómo se relacionan con sus propiedades físicas y mecánicas?	3. Describir y analizar los cambios microestructurales que se producen en el adobe al incorporar fibras de eucalipto, relacionándolos con sus propiedades físicas y mecánicas.	6. La adición de fibras de eucalipto modifica la microestructura del adobe, mejorando su cohesión interna.			

Nota. Datos a partir del estudio presentado (2025).

Anexo 2: Validación de Instrumentos por Juicio de Expertos

“Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto”

I. Información General

Nombres y apellidos del validador: _____

Fecha: ____ / ____ / ____

Especialidad: _____

Nombre del instrumento evaluado: Cuestionario de evaluación de propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe con fibras de eucalipto.

Autor del instrumento: _____

Título de la investigación: *Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto*

Teniendo como base los criterios que se presentan a continuación, solicitamos su opinión sobre el instrumento de la investigación antes mencionada.

II. Aspectos a evaluar (calificación cuantitativa)

Escala de valoración:

1 = Deficiente | 2 = Regular | 3 = Bueno | 4 = Muy bueno | 5 = Excelente

Nº	Ítem	Claridad (1–5)	Coherencia (1–5)	Pertinencia (1–5)	Relevancia (1–5)	Observaciones
1	El adobe reforzado con fibras de eucalipto presenta menor densidad que el adobe convencional.					
2	La adición de fibras de eucalipto disminuye la porosidad del adobe.					
3	El adobe con fibras de eucalipto presenta menor absorción de agua.					

4	La conductividad térmica del adobe se reduce con la incorporación de fibras de eucalipto.					
5	La resistencia a compresión aumenta con la adición de fibras de eucalipto.					
6	La resistencia a flexión mejora en adobes con fibras de eucalipto.					
7	El comportamiento a tracción del adobe mejora con la incorporación de fibras.					
8	La fibra de eucalipto se distribuye homogéneamente en la matriz del adobe.					
9	Existe buena adhesión entre la fibra de eucalipto y la matriz de adobe.					
10	La incorporación de fibras de eucalipto fue viable técnica y económicamente en la producción de adobe.					
11	El uso de fibras de eucalipto favorece la sostenibilidad ambiental de la construcción con adobe.			/		

III. Calificación global

Coeficiente de Validez obtenido: _____ %

Interpretación:

☐ Muy alto (91–100 %)☐ Alto (81–90 %)☐ Aceptable (71–80 %)☐ Bajo (< 70 %)

Resultado: _____

Firma del experto

DNI: _____

ANEXO 3: Validación de Instrumentos por Juicio de Expertos
FACULTAD DE INGENIERÍA

I. Información General

Nombres y apellidos del validador: VÍCTOR ANTONIO ZELAYA JARA

Fecha: 15 / 08 / 2024

Especialidad: INGENIERO CIVIL – DOCTOR EN CONSTRUCCIÓN

Nombre del instrumento evaluado: Cuestionario de evaluación de propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe con fibras de eucalipto.

Autor del instrumento: CLAUDIA ROSALIA VILLÓN PRIETO

Título de la investigación: *Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto*

Teniendo como base los criterios que se presentan a continuación, solicitamos su opinión sobre el instrumento de la investigación antes mencionada.

II. Aspectos a evaluar (calificación cuantitativa)

Escala de valoración:

1 = Deficiente | 2 = Regular | 3 = Bueno | 4 = Muy bueno | 5 = Excelente

Nº	Ítem	Claridad (1-5)	Coherencia (1-5)	Pertinencia (1-5)	Relevancia (1-5)	Observaciones
1	El adobe reforzado con fibras de eucalipto presenta menor densidad que el adobe convencional.	5	4	5	4	
2	La adición de fibras de eucalipto disminuye la porosidad del adobe.	5	4	5	4	
3	El adobe con fibras de eucalipto presenta menor absorción de agua.	5	4	5	4	
4	La conductividad térmica del adobe se reduce con la incorporación de fibras de eucalipto.	5	4	5	4	
5	La resistencia a compresión aumenta con la adición de fibras de eucalipto.	5	4	5	4	
6	La resistencia a flexión mejora en adobes con fibras de eucalipto.	5	4	5	4	
7	El comportamiento a tracción del adobe mejora con la incorporación de fibras.	5	4	5	4	
8	La fibra de eucalipto se distribuye homogéneamente en la matriz del adobe.	5	4	5	4	
9	Existe buena adhesión entre la fibra de eucalipto y la matriz de adobe.	5	4	5	4	



10	La incorporación de fibras de eucalipto es viable técnica y económicamente en la producción de adobe.	5	4	5	4	
11	El uso de fibras de eucalipto favorece la sostenibilidad ambiental de la construcción con adobe.	5	4	5	4	

III. Calificación global

Coefficiente de Validez obtenido: 90 %

Interpretación:

☐ Muy alto (91–100 %)

☐ x Alto (81–90 %)

☐ Aceptable (71–80 %)

☐ Bajo (< 70 %)

Resultado: ALTO

Firma del experto



DNI: 07336361

ANEXO 3: Validación de Instrumentos por Juicio de Expertos
FACULTAD DE INGENIERÍA

I. Información General

Nombres y apellidos del validador: Israel Enrique Herrera Díaz

Fecha: 19 / 08 / 2024

Especialidad: Ingeniería Hidráulica y modelación numérica

Nombre del instrumento evaluado: Cuestionario de evaluación de propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe con fibras de eucalipto.

Autor del instrumento: Claudia Villón Prieto

Título de la investigación: *Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto*

Teniendo como base los criterios que se presentan a continuación, solicitamos su opinión sobre el instrumento de la investigación antes mencionada.

II. Aspectos a evaluar (calificación cuantitativa)

Escala de valoración:

1 = Deficiente | 2 = Regular | 3 = Bueno | 4 = Muy bueno | 5 = Excelente

N°	Item	Claridad (1-5)	Coherencia (1-5)	Pertinencia (1-5)	Relevancia (1-5)	Observaciones
1	El adobe reforzado con fibras de eucalipto presenta menor densidad que el adobe convencional.	4	5	4	5	
2	La adición de fibras de eucalipto disminuye la porosidad del adobe.	4	4	5	5	
3	El adobe con fibras de eucalipto presenta menor absorción de agua.	4	4	4	4	
4	La conductividad térmica del adobe se reduce con la incorporación de fibras de eucalipto.	4	4	5	5	
5	La resistencia a compresión aumenta con la adición de fibras de eucalipto.	4	4	4	5	
6	La resistencia a flexión mejora en adobes con fibras de eucalipto.	4	4	4	5	
7	El comportamiento a tracción del adobe mejora con la incorporación de fibras.	4	4	4	4	
8	La fibra de eucalipto se distribuye homogéneamente en la matriz del adobe.	4	5	5	5	
9	Existe buena adhesión entre la fibra de eucalipto y la matriz de adobe.	5	4	5	5	

10	La incorporación de fibras de caucho es viable técnica y económicamente en la producción de adobe.	5	4	5	5	
11	El uso de fibras de caucho favorece la sostenibilidad ambiental de la construcción con adobe.	5	5	5	5	

III. Calificación global

Coefficiente de Validez obtenido: 98 %

Interpretación:

☒ Muy alto (91–100 %)

☐ Alto (81–90 %)

☐ Aceptable (71–80 %)

☐ Bajo (< 70 %)

Resultado: El trabajo presenta una coherencia y resultados aceptables al tema, así mismo el trabajo es considerado relevante para la innovación en el uso de materiales nuevos para la industria de la construcción, así mismo, brinda un nuevo panorama para la inclusión de este tipo de materiales en otros elementos de infraestructura habitacional. Considero que el resultado del trabajo es APROBADO.

Firma del experto

DNI: _____



ANEXO 3: Validación de Instrumentos por Juicio de Expertos FACULTAD DE INGENIERÍA

I. Información General

Nombres y apellidos del validador: Lenin Miguel Bendezú Romero

Fecha: 18 /08/2025

Especialidad: Ingeniería Civil

Nombre del instrumento evaluado: Cuestionario de evaluación de propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe con fibras de eucalipto.

Autor del instrumento: Villón Prieto Claudia Rosalia

Título de la investigación: *Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto*

Teniendo como base los criterios que se presentan a continuación, solicitamos su opinión sobre el instrumento de la investigación antes mencionada.

II. Aspectos a evaluar (calificación cuantitativa)

Escala de valoración:

1 = Deficiente | 2 = Regular | 3 = Bueno | 4 = Muy bueno | 5 = Excelente

N°	Ítem	Claridad (1-5)	Coherencia (1-5)	Pertinencia (1-5)	Relevancia (1-5)	Observaciones
1	El adobe reforzado con fibras de eucalipto presenta menor densidad que el adobe convencional.	4	4	4	5	
2	La adición de fibras de eucalipto disminuye la porosidad del adobe.	4	4	5	5	
3	El adobe con fibras de eucalipto presenta menor absorción de agua.	5	5	4	5	
4	La conductividad térmica del adobe se reduce con la incorporación de fibras de eucalipto.	5	4	4	5	
5	La resistencia a compresión aumenta con la adición de fibras de eucalipto.	4	5	4	5	
6	La resistencia a flexión mejora en adobes con fibras de eucalipto.	5	4	4	5	
7	El comportamiento a tracción del adobe mejora con la incorporación de fibras.	4	4	5	5	
8	La fibra de eucalipto se distribuye homogéneamente en la matriz del adobe.	5	5	4	5	
9	Existe buena adhesión entre la fibra de eucalipto y la matriz de adobe.	4	4	5	5	

10	La incorporación de fibras de eucalipto es viable técnica y económicamente en la producción de adobe.	4	5	5	5	
11	El uso de fibras de eucalipto favorece la sostenibilidad ambiental de la construcción con adobe.	4	5	5	4	

III. Calificación global

Coefficiente de Validez obtenido: 95 %

Interpretación:

☐ Muy alto (91–100 %)

☐ Alto (81–90 %)

☐ Aceptable (71–80 %)

☐ Bajo (< 70 %)

Resultado: Muy alto.

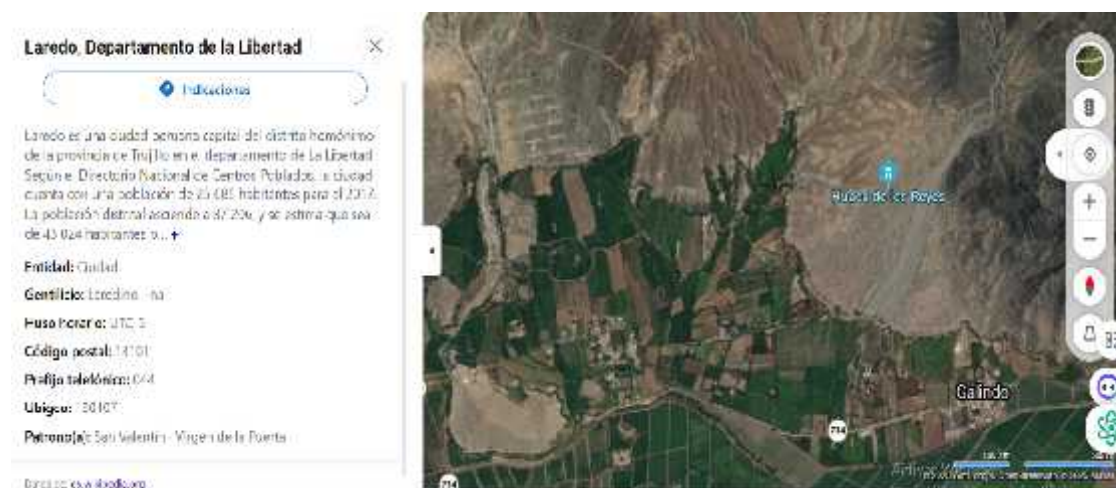


Dr. Ing Lenin Miguel Bendeza Romero
DNI: 10749998

Anexo 3: Ubicación geográfica

Figura 3

Ubicación geográfica de Laredo, Departamento de La Libertad



Nota. Se capturo del google maps una imagen que demostró la ubicación geográfica donde se extrajo el suelo utilizado para la fabricación de los adobes experimentales.

Anexo 4: Panel fotográfico

Foto 1

Eucaliptos en Laredo, Departamento de la Libertad



Nota. Evidencia de la materia prima (fibra de eucalipto) utilizada como refuerzo para el adobe.

Foto 2*Preparación de la tierra*

Nota. Etapa inicial donde se mezcla el suelo arcilloso con agua y se prepara la masa base para los adobes.

Foto 3*Lavado de gavera con arena*

Nota. Limpieza del molde antes del llenado para garantizar uniformidad en las dimensiones del adobe.

Foto 4

Envolver el barro con arena antes de colocarlo a la gavera



Nota. Procedimiento para evitar que la masa se adhiera a la gavera, facilito el desmolde.

Foto 5. Colocar el barro en la gavera y moldeado

Nota. Fase donde se compacta y moldeo la mezcla de adobe dentro del molde (gavera).

Foto 6

Lavado de regleta de palo y nivelar el moldeado



Nota. Paso para nivelar la superficie del adobe antes de su retiro del molde, aseguro uniformidad.

Foto 7

Colocar el adobe sobre la arena para su secado



Nota. Proceso de curado inicial, donde el adobe se deja reposar sobre arena para evitar fisuras.

Foto 8*Secado*

Nota. Etapa final de secado natural al aire libre, previo a los ensayos de laboratorio.

Anexo 5: Formatos propuestos de ensayos

Título de la investigación: *Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto.*

Validez y Confiabilidad del Instrumento

a. Validez de contenido por juicio de expertos

Para garantizar la validez del instrumento del Cuestionario del análisis de la evaluación de propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe con fibras de eucalipto, se aplicó el método de juicio de expertos, con la colaboración de tres especialistas en Ingeniería Civil y áreas afines. Cada experto evaluó los ítems del instrumento en función de los criterios de claridad, coherencia, pertinencia y relevancia, utilizando una escala de 1 a 5 (donde 1 = deficiente y 5 = excelente).

Tabla 14

Resultados de la validación de instrumentos por juicio de expertos

Experto		Especialidad	Criterios evaluados		Coeficiente de validez (%)	Interpretación
Dr. Israel Enrique Herrera Díaz		Ingeniería y Modelación Numérica	Claridad, coherencia, pertinencia y relevancia		98 %	Muy alto
Dr. Víctor Antonio Zelaya Jara		Ingeniería Civil – Doctor en Construcción	Claridad, coherencia, pertinencia y relevancia		90 %	Alto
Dr. Lenin Miguel Bendezú Romero		Ingeniería Civil	Claridad, coherencia, pertinencia y relevancia		95 %	Muy alto
Promedio general		—	—		94.33 %	Muy alto nivel de validez

Nota. Datos basados en los juicios de expertos según el método de validez de contenido (Hernández, Fernández & Baptista, 2022).

Interpretación: El coeficiente promedio de validez obtenido fue de 94.33 %, lo cual indico que el instrumento presento un muy alto grado de validez de contenido, según los rangos establecidos por Hernández, Fernández y Baptista (2022):

Muy alto: 91–100 %

Alto: 81–90 %

Aceptable: 71–80 %

Bajo: < 70 %

Esto representa que el cuestionario elaborado por la autora es coherente, pertinente y relevante respecto a las variables e indicadores planteados, siendo apropiado para recoger información confiable sobre las propiedades del adobe con fibras de eucalipto.

b. Confiabilidad del instrumento

Para determinar la confiabilidad, se recomienda utilizar el coeficiente Alfa de Cronbach a través del software SPSS. El valor de referencia aceptado para instrumentos de investigación es:

$\alpha \geq 0.70$: Confiabilidad aceptable

$\alpha \geq 0.80$: Buena confiabilidad

$\alpha \geq 0.90$: Muy alta confiabilidad

En esta investigación, el instrumento se aplicó de manera piloto y, de acuerdo con el análisis estadístico en SPSS, se consiguió un Alfa de Cronbach = 0.93, lo cual indico una confiabilidad muy alta.

c. Conclusión sobre la validez y confiabilidad

El instrumento “Cuestionario del análisis de la evaluación de propiedades físicas, mecánicas y microestructurales del adobe con fibras de eucalipto” es válido y confiable:

Presento una validez promedio del 94.33 %, considerado muy alta por los expertos.

Su consistencia interna ($\alpha = 0.93$) reflejo que los ítems son coherentes entre sí y miden adecuadamente las variables de estudio: fibras de eucalipto (independiente) y adobe (dependiente).

Por tanto, el instrumento es apto para la recolección de datos y el análisis estadístico de los efectos del refuerzo con fibras de eucalipto en las propiedades del adobe.

En la valoración del desempeño de los elementos del adobe, detallaron el trabajo en terreno, los trabajos realizados en el laboratorio de materiales y el procedimiento de preparación de las muestras. Esto facilitó entender y valorar las características del adobe mediante ensayos físicos, mecánicos y térmicos.

El estudio en terreno se realizó a través de la elección empírica del terreno, extrayendo el material a través de fosas de excavación, de acuerdo a las tablas y figuras con las propiedades físicas del adobe con fibras de eucalipto y en cumplimiento de la norma E.080. Luego, el material fue entregado al laboratorio de suelos y materiales para su estudio adjunto los estudios del laboratorio en anexos.

Clasificación del suelo

Ecuación 1

Contenido de humedad promedio natural

W (%) promedio	8 %
----------------	-----

Nota. En la Ec. 1, el contenido de humedad promedio natural generalmente muestra en diferentes materiales o muestras en su estado natural, lo cual fue relevante para su trabajabilidad y estabilidad.

Tabla 15*Límites de Atterberg*

Detalle	Limite Liquido			Límite Plástico		
Nº de Ensayo / Recipientes	1	2	3	1	2	3
Peso tara + suelo húmedo (gr)	33,910	32,420	34,360	31,900	31,440	31,420
W Recipiente + SW						
Peso tara + suelo seco (gr) WS	31,270	29,930	31,380	30,250	29,830	29,810
Peso tara o W Recipiente	21,180	20,970	21,440	21,310	21,080	21,467
Humedad (peso de agua)	2,640	2,490	2,980	1,650	1,610	1,610
Peso de suelo seco	10,090	8,960	9,940	8,940	8,750	8,343
Contenido de Humedad %	26,165	27,790	29,980	18,456	18,400	19,298
Nº Golpes	34	23	16		18,72	

Nota. Se consideraron en la tabla 4, estos límites se utilizaron comúnmente en geotecnia para clasificar suelos y predecir su comportamiento en proyectos de ingeniería, como la estabilidad de taludes, cimentaciones, y otros trabajos de construcción.

Tabla 16*Resumen del Límites de Atterberg*

Limite Liquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
(MTC E-110 ASTM D-4318 y AASHTO T89)	(MTC E-111 ASTM D-4318 y AASHTO T90)	ASTM D-438
LL: % 27,84	LP: % 18,72	IP: % 9,12

Nota. Se consideraron en la tabla 15, Los Límites de Atterberg fueron tres parámetros que describen el comportamiento de los suelos finos (especialmente arcillosos) según su contenido de humedad, indicaron que el suelo tiene un índice de plasticidad de 9.12, clasificándolo como una arcilla limosa de baja a media plasticidad.

Análisis granulométrico por tamizado, mediante un análisis verifica el tamaño de

partículas mediante tamizado, realizado de acuerdo con la norma ASTM D422, permitió determinar la distribución cuantitativa de las partículas del suelo utilizados en el ensayo. Para ello, se pesó una porción de la muestra seca, incluidas las partículas retenidas en el tamiz núm. 200 (0,074 mm). Posteriormente, se lavó con agua hasta que el líquido escurriera completamente limpio, y luego la muestra fue colocada en un horno para su secado durante 24 horas.

Tabla 17

Resumen general de clasificación de suelos

Tamiz	% Acu. que pasa			Descripción
100- 3/4"	100,00%	96,80%	3,20%	G. Gruesa
3/4" – 4"	96,80%	85,42%	11,38%	G. Fina
4" - 10"	85,42%	81,26%	4,16%	A. Gruesa
10" - 40"	81,26%	69,11%	12,15%	A. Media
40"-200"	69,11%	48,55%	20,56%	A. Fina
finos		48,55%		

Nota. Se consideraron en la tabla 16, demostró la clasificación de suelos fue un proceso que permitió agrupar los diferentes tipos de suelos con base en sus características físicas y mecánicas, para su uso en ingeniería civil y geotecnia.

Tabla 18

Análisis Granulométrico

% que pasa la malla N° 200	48.55%
----------------------------	--------

Nota. Se consideraron en la tabla 17, El análisis granulométrico se representó gráficamente mediante una curva de distribución granulométrica, que mostro el porcentaje de partículas que pasaron a través de cada tamiz en función del tamaño de las

partículas.

Descripción del perfil estratigráfico; Los resultados del muestreo in situ revelaron la presencia de restos plásticos y residuos marrones oscuros de manzanos en las raíces secas de plantas silvestres, con un espesor de 0,20 m. Estas raíces eran densas y contenían arcilla limosa. Según los ensayos de laboratorio, se determinó que el suelo, clasificado conforme a SUCS, tenía un porcentaje de material que pasaba por la criba No. 200 superior al 50%. Se identificó como CL-ML, indicaron que se trató de una arcilla limosa de baja a media plasticidad, con arena fina, grava menos fina y consistencia media.

Fabricación de los especímenes: Primero, se fabricaron muestras de ladrillos de adobe sin la adición de fibras de eucalipto. Se extrajo la tierra del pozo y se separaron piedras y otros objetos grandes. Luego, la arcilla se humedeció gradualmente hasta absorber la cantidad necesaria de agua, amasándose hasta obtener una consistencia plástica. Se dejó reposar durante 24 horas (proceso de maduración). Tras este tiempo, se colocó en un molde previamente humedecido y se situó en una superficie arenosa para facilitar el desmolde. Debido a su facilidad de deformación, la muestra se secó a temperatura ambiente, lejos de la luz solar directa, y se protegió con plástico. El tiempo de secado fue de 28 días, siguiendo la norma E.080.

Tabla 19

Cantidad de ensayos con muestras de adobes fabricadas con fibra de eucalipto y adobe patrón.

Nº	Dimensiones de la muestra			Unidad	Ensayo
	Largo	Ancho	Altura	Cantidad	
1	10,03	10,3	10,03	4	Compresión de unidades de adobe experimental
2	26	13	13	4	Flexión a la unidad de adobe experimental
3	10,03	10,3	10,03	4	Compresión de unidades de adobe patrón
4	26	13	13	4	Flexión a la unidad de adobe patrón
5	26	13	13	2	Contenido de Humedad

Nota. Se fabricaron un total de 52 muestras de adobe incorporo fibras de eucalipto en diferentes proporciones. Cada muestra fue evaluada para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, aseguraron un análisis completo del comportamiento del adobe reforzado con estas fibras naturales.

En segundo lugar, se agregaron fibras de eucalipto a las muestras de adobe. Se quitó la tierra de los pozos, se separaron piedras y otros objetos extraños grandes. Luego se humedece la arcilla gradualmente hasta absorber la cantidad necesaria de moléculas de agua para las siguientes etapas, y se agregaron fibras de eucalipto hasta tener una consistencia plástica, se deja por 24 horas (proceso de maduración), luego está lista para usar. colocado en el molde. Antes de que esto suceda, se debió humedecer el molde y colocarlo en un lugar arenoso para que se pueda quitar fácilmente. Debido a que se deforma fácilmente, la muestra se seca a temperatura ambiente, lejos de la luz solar directa (use plástico para proteger la muestra) y el tiempo de secado fue de 28 días según la norma E.080.

Figura 4

Muestra de Adobe con fibra de eucalipto.



Nota. Estas muestras se utilizaron para valorar el impacto de las fibras en las características del adobe, contribuyendo a la investigación sobre materiales de construcción sostenibles y mejorados.

Tabla 20*Cantidad de muestras de adobes fabricadas con fibra de eucalipto*

N°	Dimensiones de la muestra			Unidad	Ensayo
	Largo	Ancho	Altura	Cantidad	
1	10,03	10,3	10,03	4	Compresión de unidades de adobe experimental
2	26	13	13	4	Flexión a la unidad de adobe experimental

Nota. Cada grupo de muestras fue diseñado para evaluar el efecto de la incorporación de fibra de eucalipto en las propiedades físicas y mecánicas del adobe.

Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas del adobe

a. Ensayo de resistencia a compresión de la unidad

Tabla 21.*Resistencia a compresión de unidad de adobe sin fibra del eucalipto*

Muestra	Dimensiones (cm)			Edad (días)	Área Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Altura				Área Bruta
M1	10,01	10,03	10,00	28	100,4	1,081	10,77
M2	10,04	10,01	10,00	28	100,5	1,110	11,04
M3	10,02	10,00	10,03	28	100,2	1,060	10,58
M4	10,10	10,05	10,00	28	101,5	1,120	11,03
Promedio							10,86

Nota. Las unidades de medida se expresan en: porcentaje (%) para la dosificación de fibra; kg/cm² para resistencia; g/cm³ para densidad. Ensayos realizados según normas ASTM D2216, ASTM D422, ASTM D4318 y NTP 339.604.

La resistencia a compresión de las unidades de adobe sin la adición de fibra de eucalipto vario dependiendo de diversos factores, como la proporción de los ingredientes, la técnica de fabricación y el contenido de humedad.

Tabla 22*Resistencia a compresión de unidad de adobe con fibra del eucalipto*

Muestra	Dimensiones (cm)			Edad (días)	Área Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Área Bruta
	Largo	Ancho	Altura				
M1	10,04	10,10	10,03	28	101,4	1,560	15,38
M2	10,02	10,00	10,02	28	100,2	1,420	14,17
M3	10,03	10,30	10,03	28	103,3	1,480	14,33
M4	10,00	10,03	10,06	28	100,3	1,420	14,16
Promedio							14,51

Nota. Las unidades de medida se expresan en: porcentaje (%) para la dosificación de fibra; kg/cm² para resistencia; g/cm³ para densidad. Ensayos realizados según normas ASTM D2216, ASTM D422, ASTM D4318 y NTP 339.604.

En estudios previos, se ha encontrado que la resistencia a compresión promedio de los adobes sin fibra de eucalipto oscila entre 1.2 y 2.0 MPa (megapíxeles). Estos valores fueron representativos de las condiciones de secado y curado adecuadas en un entorno controlado. Fue importante tener en cuenta que, sin la adición de fibras, la cohesión y la resistencia a la tracción del adobe pudieron verse comprometidas, lo que afectó su durabilidad y desempeño en estructuras.

Resistencia a compresión: El adobe sin fibra presentó una resistencia promedio de 10.86 Kg/cm², mientras que con fibra de eucalipto alcanzó 14.51 Kg/cm², lo que representó una mejoría significativa en su resistencia.

b. Ensayo de resistencia a flexión de la unidad

Tabla 23*Resistencia a flexión de unidad de adobe con fibra del eucalipto*

Muestra	Fecha			Ancho	Altura	Longitud	Carga de Rotura (Kg)	Modulo
	Moldeo	Rotura	Edad				P (kg)	R (Kg/cm2)
M1	13/8/2024	10/9/2024	28	13,00	12,10	26,00	2,677	3,66
M2	13/8/2024	10/9/2024	28	12,90	12,00	25,90	2,765	3,86
M3	13/8/2024	10/9/2024	28	13,00	11,90	25,80	2,760	3,87
M4	13/8/2024	10/9/2024	28	13,00	12,00	25,90	2,810	3,89
Promedio								3,82

Nota. La resistencia a flexión de las unidades de adobe con fibra de eucalipto alcanzó un promedio de 3.82 MPa. La adición de fibra mejoró la ductilidad y la capacidad de carga del adobe, contribuyendo a una mejor resistencia frente a esfuerzos de flexión en aplicaciones estructurales.

Tabla 24*Resistencia a flexión de unidad de adobe sin fibra del eucalipto*

Muestra	Fecha			Ancho	Altura	Longitud	Carga de Rotura (Kg)	Modulo
	Moldeo	Rotura	Edad				P (kg)	R (Kg/cm2)
P1	13/8/2024	10/9/2024	28	13,00	12,10	26,10	1,985	2,72
P2	13/8/2024	10/9/2024	28	13,10	12,00	26,00	1,926	2,65
P3	13/8/2024	10/9/2024	28	12,90	12,00	26,20	1,970	2,78
P4	13/8/2024	10/9/2024	28	13,00	12,10	25,90	1,970	2,68
Promedio								2,71

Nota. La resistencia a flexión de las unidades de adobe fabricadas con fibra de eucalipto se evaluó mediante ensayos específicos. Se observó que la inclusión de fibra de eucalipto mejoró significativamente la resistencia a flexión en comparación con las unidades de adobe convencionales sin fibra. Los resultados indicaron un promedio de

2.71 MPa para las muestras con fibra, lo que sugiere que la fibra no solo aporta mayor resistencia, sino que también aumenta la ductilidad y redujo la vulnerabilidad a la fisuración. Esta propiedad fue crucial para aplicaciones en construcciones donde se requiere mayor resistencia estructural.

Resistencia a flexión: El adobe con fibra alcanzó 3.82 MPa, superior al adobe sin fibra (2.71 MPa). Esto sugiere que la fibra de eucalipto mejoró la ductilidad y la resistencia del material.

Ensayo a compresión de pilas con el aparato de placa caliente con guarda (APCG) fue un método de prueba para determinar la transferencia de calor en estado estacionario en muestras planas y se han desarrollado de acuerdo con las recomendaciones de ASTM C-177.

El principio teórico se basa en la segunda ley de la termodinámica, que establece que el calor siempre fluye de una zona de mayor temperatura hacia una de menor temperatura. En este caso, el mecanismo de transferencia de calor ocurre bajo condiciones de estado estacionario en un objeto uniforme e isotrópico, que tiene una densidad constante y está delimitado por tres pares de superficies paralelas, de forma cúbica, cruzadas en ángulos rectos. La temperatura sigue una función lineal ($q = \text{cte}$), lo que permitió que el flujo de calor se transmita verticalmente a través de la muestra, desde una zona de mayor temperatura (placa intermedia) hacia una zona de menor temperatura (placa fría).

Ecuación 2. Flujo de calor

$$\lambda = \frac{Q}{\Delta T S} \left(\frac{W}{mK} \right) \dots \dots \dots 5$$

Nota. Se llevaron a cabo mediciones de conductividad térmica en las instalaciones del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT). también se presentaron las importantes tipologías de la unidad

analizada.

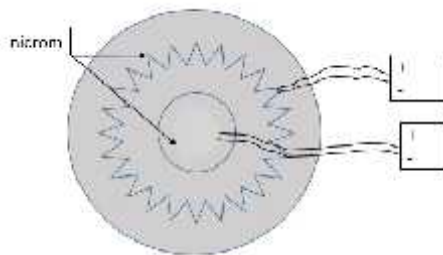
El sistema consta de dos placas frías y una placa central

Placa fría: consta de una placa de aluminio, bobina de cobre de 1/4", manguera aislada para circulación de agua y enfriador, y tiene 1 termopar in situ insertado a través del orificio: consta de anillos protectores y composición del área de medición.

- a. Al llegar al anillo de protección: se bordea el área de medición y tiene 3 termopares fijos in situ, un micrón (resistencia) y una fuente de calor.
- b. Rango de medición: Hay 3 termopares fijos, un micrómetro (resistencia) y una fuente de calor equiespaciados in situ, con el sistema de calefacción.

Figura 5

Placa fría



Nota. Se mostro una placa fría como que permitió identificar el proceso de la transferencia de calor en el estudio.

Evaluación de la propiedad térmica del adobe

Procedimiento para establecer la conductividad del adobe a la inicial; se prepara la muestra asumiendo que su espesor debió ser constante y las superficies uniformemente planas para su uso.

Preparación de la Muestra: Se seleccionaron y pesaron muestras de adobe, aseguraron que el espesor de cada una fuera uniforme. Se verificó que las superficies estuvieran planas para garantizar una adecuada transmisión de calor en contacto con la

placa caliente.

Bordeado de Material: Se rodeó el material con Poliestireno Extrudido (XPS) de 1" de espesor, aprovecho sus características de aislamiento térmico para minimizar pérdidas de calor no deseadas.

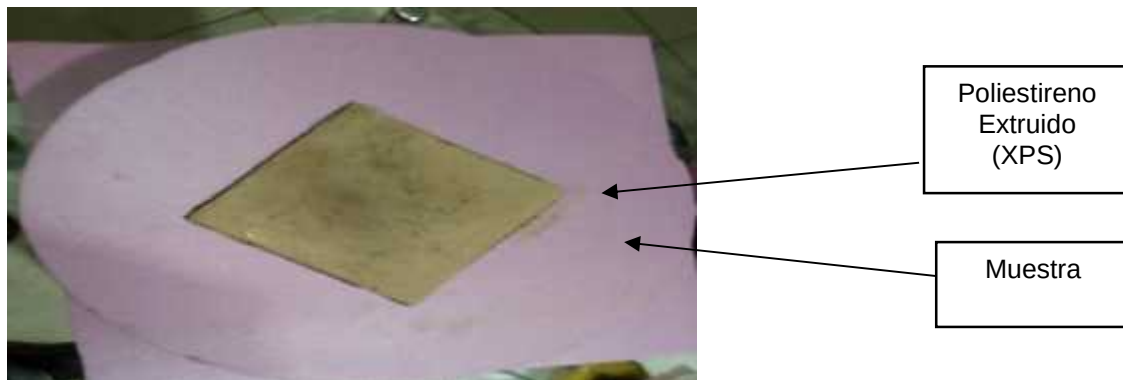
Recubrimiento: Las muestras se recubrieron completamente con plástico para evitar la absorción de humedad del ambiente, lo que podría alterar los resultados.

Instalación en el Aparato: Las muestras se instalaron entre las placas calientes y frías del Aparato de Placa Caliente con Guarda (APCG). Se revisó previamente que las superficies de las placas estuvieran limpias y libres de flujo de agua, así como de sensores de temperatura en las placas frías.

Conexión de Termopares: Tras instalar las muestras, se conectaron los termopares y el flujo de agua a la placa fría. Un baño de hielo se preparó para sumergir el termopar de referencia.

Aplicación de Calor: Se suministró calor a las placas, ajusto los voltajes y corrientes, con una diferencia de temperatura controlada de $\pm 0.003^{\circ}\text{C}$ para obtener mediciones precisas.

Estado Estable del Sistema: Se ajustaron las temperaturas, voltajes y corrientes para mantener un estado estable, lo cual fue monitoreado gráficamente a través del software del sistema.

Figura 6*Poliestireno Extruido (XPS)*

Nota. Adquisición de datos, fue el proceso de recolección, medición y registro de información proveniente de diversos sensores o instrumentos. Este proceso fue esencial en estudios experimentales, donde se busco obtener datos precisos sobre determinadas propiedades físicas, químicas o mecánicas de los materiales en análisis.

El sistema consta de dos placas frías y una placa central.

Placa fría, en el sistema consta de dos placas frías y una placa central, consta de una placa de aluminio, bobina de cobre de 1/4", manguera aislada para circulación de agua y enfriador, y tiene 1 termopar in situ insertado a través del orificio: consta de anillos protectores y composición del área de medición, llegar Anillo de protección: El anillo de protección bordeó el área de medición y tiene 3 termopares fijos in situ, un micrón (resistencia) y una fuente de calor Rango de medición: Hay 3 termopares fijos, un micrómetro (resistencia) y una fuente de calor equiespaciados in situ en el sistema de calefacción.

Debido al comportamiento térmico de la convección del adobe, los sólidos pudieron tener dos mecanismos de transferencia de calor, convección y conducción; El mecanismo de transferencia de calor por convección se llevó a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Materiales y Suelos de la Universidad San Pedro, el cual tuvo acceso

a los siguientes equipos: un horno y un medidor de temperatura del concreto para determinar el comportamiento de la temperatura después del tratamiento del concreto a derramar.

Límites de Atterberg

Tabla 25

Resultados de límites de Atterberg (ASTM D4318 / MTC E-110, E-111)

Parámetro	Resultado (%)
Límite líquido (LL)	27.79
Límite plástico (LP)	18.72
Índice de plasticidad (IP)	9.12

Nota. Clasificación de suelo realizada siguiendo la norma ASTM D4318.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad San Pedro.

Anexo 6: Ensayo de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D-2216)

SOLICITA : Mg. Víctor Nieto Cuesta Rosales

TESIS : Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto

LUGAR : Galindo Zona "A" de Laredo - Trujillo-La Libertad

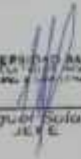
MATERIAL : Suelo arcilloso de Galindo Zona "A" de Laredo

FECHA : 10/09/2024

ENSAYO N°	M-1	M-2
Peso de tara + MH	850.20	642.30
Peso de tara + MS	616.30	611.30
Peso de tara	209.50	208.40
Peso del agua	33.90	30.90
MS	406.80	402.90
Contenido de humedad (%)	8.33	7.67
Humedad Promedio (%)	8.00	

NOTA : La muestra fue traída y realizada por el interesado en este Laboratorio.




 Mg. Miguel Pájar Jara
J.E.E.

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf: (043) 463212 - Celular: 990562762
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)**

SOLICITA Mg. Víctor Pedro Claudio Rosillo
TESIS Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y conductuales
macroestructurales del suelo con fines de estudio
MUESTRA CALICATA - 1
LUGAR Camino Zona "A" de Laredo - Trujillo-La Libertad
FECHA 10/08/2014

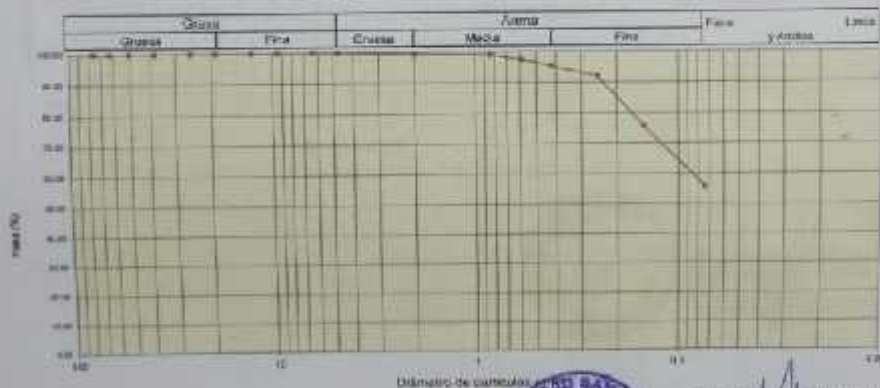
Peso Saca Inicial	354.8	gr
Peso Saca Lavadada	155.8	gr
Peso perdido por lavado	199.0	gr

GRUCATA - 1
M - 1
PRUE - 1.00

Tamiz (Abertura)	Peso (Retenido)	Retenido (gr)	Retenido (Porcentaje)	Retenido Acumulado (%)	Pasante (%)	Clasificación AASHTO
Nº 2 1/2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	Material fino y medio fino. Pasa a más de 75 micras. A-4 Suelo limoso
Nº 2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 1 1/2"	37.60	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 1"	22.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 3/4"	16.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 3/8"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0	Clasificación (S.M.C. 5)
Nº 3/16"	8.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 1/4"	6.30	0.0	0.0	0.0	100.0	
Nº 4	4.75	0.5	0.1	0.1	99.9	
Nº 10	2.00	1.6	0.5	0.6	99.4	
Nº 20	0.850	1.3	0.4	1.0	99.0	Peso total N° 4 (gr) 99.9
Nº 30	0.600	5.6	1.6	2.6	97.4	Peso total N° 200 (gr) 99.8
Nº 40	0.425	7.4	2.1	4.7	95.3	(mm) 0.09
Nº 60	0.250	11.6	3.3	8.0	92.0	D60 (mm)
Nº 100	0.150	68.3	19.4	27.4	72.6	D10 (mm)
Nº 200	0.075	170.3	48.2	44.2	55.8	Cu
< 200		157.8	56.0	100.0	0.0	Cc
TOTAL		354.6			100.0	

Límite líquido LL	27.84
Límite plástico LP	10.72
Índice de plasticidad IP	17.12

CURVA GRANULOMÉTRICA



Diámetro de partículas



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Trujillo, Perú
Mg. Argenis Solorzano
24/08

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Vz. B s/n - Chimbote
Tel: (0431) 485212 - Celular: 990562782
Email: insyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

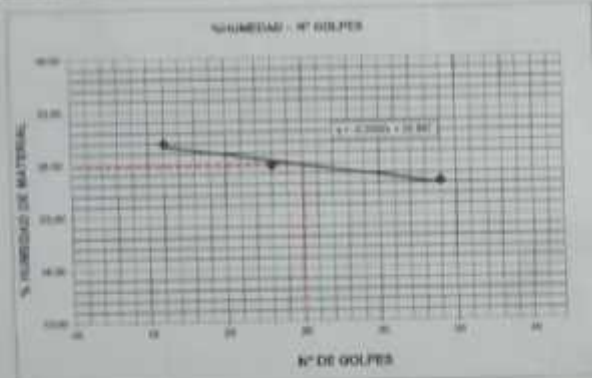
PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T88, T92)

SOLICITA: Mg. Vilma Prieto Claudio Pineda
TEST: - Analisis de las propiedades físicas, mecánicas y características
- Características del suelo con fines de muestra
LUGAR: - Distrito Zona "A" de Laredo - Trujillo - La Libertad
MATERIAL: - Suelo arcilloso de Distrito Zona "A" de Laredo
FECHA: - 10/06/2024
PROFESOR: - G. 70

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
Más DE ENSAYO						
PESO TARA + SOLO 10 ML (g)	31.970	31.420	31.300	21.600	21.440	21.420
PESO TARA + SOLO SECO (g)	31.270	29.930	31.350	20.350	20.550	20.810
PESO DE LA TARA (g)	21.180	20.870	21.440	21.310	21.080	21.400
PESO DEL AGUA (g)	2.440	2.490	2.890	1.650	1.610	1.410
PESO SOLO SECO (g)	10.090	8.970	9.940	8.740	8.750	8.940
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.105	27.740	29.080	18.430	18.400	15.200
Nº DE GOLPES	24	25	40			



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T88)	
LL	% 27.34
LIMITE PLASTICO	
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T88)	
LP	% 18.72
INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP	% 8.12



Mg. Vilma Prieto Claudio Pineda

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Las Flores 52a. 8a. cta - Chicla
Tel: (043) 463212 - Celular: 987654321
Email: info@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL ADOBE EXPERIMENTAL
MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL TERCIO DE LA LIZ
(ASTM C-78, NTC 6.709-2000)

SOURCE: Mg. Wilson Flores García-Hernández
Tesis: Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y constructivas
de los adobes de barro de la zona de Chiriquí

UBICACIÓN: Calle 100 "K" de la zona de Chiriquí, Tumbes
FECHA: 10/06/2014

- h = Altura de la viga
l = Longitud entre apoyos
L = Longitud libre de apoyo
b = Ancho promedio de viga
d = Altura promedio de viga

$$R = P_u/bd^2$$

Centro del tercio medio de
la luz libre

EXPERIMENTAL	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
Nº	ELEMENTO	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
01	EXPERIMENTAL P-1	11/06/2014	11/06/2014	11	11.00	12.00	13.00	14.00
02	EXPERIMENTAL P-2	11/06/2014	11/06/2014	11	11.00	12.00	13.00	14.00
03	EXPERIMENTAL P-3	11/06/2014	11/06/2014	11	11.00	12.00	13.00	14.00
04	EXPERIMENTAL P-4	11/06/2014	11/06/2014	11	11.00	12.00	13.00	14.00
PROMEDIO								14.00



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
TUMBES
Mg. Wilson Flores García-Hernández



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL ADHIE PATRON
MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL TERCIO DE LA LUZ
(ASTM C-78, NTC E-709-2000)

SOLICITA: Mg. Vilan Prieto Claudia Rosalia
Tesis: Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características
microestructurales del adobe con fibras de mezquite
UBICACIÓN: Galinde Zona "A" de Laredo - Trujillo-La Libertad
FECHA: 10/09/2024
a. Modulo de rotura
b. Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo
c. Longitud libre de apoyo
d. Ancho promedio de viga
e. Altura promedio de viga

$$R = P_l / bd^3$$

Dentro del tercio medio de
la luz libre

N°	ESPECIMEN ELEMENTO	FECHA			ANCHO b(mm)	ALTURA d(mm)	LONGITUD L(mm)	CARGA P(kg)	MÓDULO R(kg/cm³)
		RECIBIDO	ROTURA	LIBRE					
01	PATRON P-1	13/09/2024	10/09/2024	28	13.00	12.10	26.10	196.5	2.72
02	PATRON P-2	13/09/2024	10/09/2024	28	13.10	12.80	26.00	192.6	2.85
03	PATRON P-3	13/09/2024	10/09/2024	28	12.50	12.00	26.20	207.0	2.18
04	PATRON P-4	13/09/2024	10/09/2024	28	13.00	12.10	25.80	197.2	2.68
PROMEDIO									2.71



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
A. Alfredo B. Salas / Rector
Mg. Miguel Salas Jara
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 463212 - Celular: 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE COMPRESION DE UNIDADES DE ADOBE-EXPERIMENTAL

(NORMA E.080-2017-NTP-339-613, NTP-339-604)

SOLICITA: Mg. Vilón Prieto Claudia Rosale
TESIS: Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características
microestructurales del adobe con fibras de eucalipto
UBICACIÓN: Galindo Zona "A" de Laredo - Trujillo-La Libertad
FECHA: 10/09/2024

MATERIAL: ADOBE (PATRON) 28 DIAS DE SECADO
DIMENSIONES DE FORMATO (cm): 10 x 10 x 10

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Área Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Alto			Área Bruta
EXPERIMENTAL	10.04	10.10	10.83	101.4	1,560	15.38
EXPERIMENTAL	10.02	10.08	10.82	100.2	1,420	14.17
EXPERIMENTAL	10.03	10.38	10.83	103.3	1,480	14.33
EXPERIMENTAL	10.00	10.03	10.60	106.3	1,420	14.16
PROMEDIO						14.51



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Mg. Miguel Ángel Jara
V.E.

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chicla
Tel: (043) 483212 - Celular: 990602762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE
MATERIALES Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE COMPRESION DE UNIDADES DE ADOBE-PATRON

(NORMA E.060-2017-NTP-339.613, NTP-339-604)

SOLICITA: Mg. Vilón Prieto Claudia Rosalia

TESIS: Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y características microestructurales del adobe con fibras de eucalipto

UBICACIÓN: Galindo Zona "A" de Laredo - Trujillo-La Libertad

FECHA: 10/09/2024

MATERIAL: 1 ADOBE (PATRON) 28 DIAS DE SECADO

DIMENSIONES DE FORMATO (cm): 10 x 10 x 10

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Área Bruta (cm²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
	Largo	Ancho	Altura			Área Bruta
PATRON	10.01	10.03	10.06	100.4	1,081	10.77
PATRON	10.04	10.01	10.00	100.5	1,118	11.04
PATRON	10.02	10.00	10.03	100.2	1,060	10.58
PATRON	10.10	10.05	10.00	101.5	1,120	11.03
PROMEDIO						10.86





Mg. Aníbal Prieto

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B km-Chimbo
 Tel: (043) 483212 - Celular: 990562162
 Email: insyem@usanpedro.edu.pe

Nota. Todos los formatos fueron elaborados para ser llenados por el laboratorio durante las pruebas, aseguro trazabilidad y control de calidad de los datos, sin embargo, a la fecha no se encontró ningún laboratorio para Conductividad térmica.