



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**Revisión sistemática de la literatura del uso de cal y
fibra de caña de azúcar como adición en tapiales
sobre su durabilidad y caracterización mecánica**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER
EN INGENIERIA CIVIL**

Autora

Paredes Laboriano Katerin Ariana
<https://orcid.org/0009-0005-3518-9995>
Vásquez Quintana Jackelyn Tatiana
<https://orcid.org/0000-0002-2593-5086>

Asesor

Dr. Villegas Granados Luis Mariano
<https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura**

Pimentel – Perú

2025

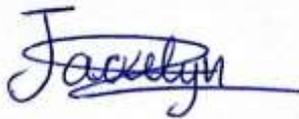
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscribimos la **DECLARACIÓN JURADA**, somos egresados del Programa de Estudios de **INGENIERIA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

Revisión sistemática de la literatura del uso de cal y fibra de caña de azúcar como adición en tapiales sobre su durabilidad y caracterización mecánica

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Vásquez Quintana Jackelyn Tatiana	DNI: 73148945	
Paredes Laboriano Katerin Ariana	DNI: 72468402	

Pimentel, 30 de enero de 2025

13% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

Dedicatoria

Nuestro presente trabajo le dedicamos a nuestros padres, quienes fueron los pilares fundamentales para lograr nuestras metas, su apoyo constante e incondicional fue nuestro impulso para seguir adelante, muchas gracias por todo el apoyo brindado hacia nosotras. Asimismo, queremos agradecer a todas las personas que nos alentaron y nos llenaron de conocimientos, permitiendo que este estudio culmine de manera exitosa.

Agradecimientos

Queremos agradecer en primer lugar a Dios, quien nos ha guiado a lo largo de este camino permitiéndonos superar cada desafío y avanzar con determinación hacia nuestros objetivos. De igual manera agradecemos de todo corazón a nuestros padres, quienes, con su amor incondicional, sacrificios constantes y sabios consejos han sido nuestro mayor apoyo en este camino, gracias por ser los pilares esenciales e inquebrantables que contribuyeron para la consecución de este logro.

Índice

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos	5
índice de tablas.....	7
Resumen.....	8
Abstract	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Hipótesis	12
1.4. Objetivos	12
1.5. Teorías relacionadas al tema:	13
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	14
III. RESULTADOS.....	15
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	17
V. REFERENCIAS	19
ANEXOS	22

índice de tablas

TABLA I PROPIEDADES MECANICAS DEL TAPIAL INCORPORANDO FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR.....	150
TABLA II PROPIEDADES DEDURABILIDAD DEL TAPIAL INCORPORANDO FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR	¡Error! Marcador no definido.1

Resumen

El tapial, un material de construcción tradicional, puede mejorar sus propiedades mecánicas mediante la adición de fibras de caña de azúcar y cal. Sin embargo, la efectividad de esta técnica depende de diversos factores, como la proporción de fibras y la composición del suelo. El objetivo de esta investigación fue analizar el impacto de las fibras de caña de azúcar y la cal en la resistencia mecánica del tapial. La metodología consistió en una revisión sistemática de la literatura, seleccionando 40 artículos relevantes publicados entre 2020 y 2024 en diversas bases de datos indexadas. Los resultados revelaron que la incorporación de fibras de caña de azúcar y cal mejora significativamente la resistencia a la compresión, flexión y tracción del tapial, especialmente con una dosificación entre el 1% y el 1.5% de fibras. Asimismo, se observó una reducción en el asentamiento del material y un mejor desempeño frente a esfuerzos mecánicos. En conclusión, el uso de fibras de caña de azúcar y cal en el tapial representa una alternativa sostenible y económica para reforzar este material, alineándose con las tendencias actuales en la construcción ecológica.

Palabras Clave: Fibra de caña de azúcar, cal, propiedades físicas, propiedades mecánicas, durabilidad.

Abstract

Rammed earth, a traditional building material, can improve its mechanical properties by adding sugarcane fibers and lime. However, the effectiveness of this technique depends on various factors, such as the proportion of fibers and the composition of the soil. The objective of this research was to analyze the impact of sugarcane fibers and lime on the mechanical strength of rammed earth. The methodology consisted of a systematic review of the literature, selecting 50 relevant articles published between 2020 and 2024 in various indexed databases. The results revealed that the incorporation of sugarcane fibers and lime significantly improves the compressive, flexural, and tensile strength of rammed earth, especially with a dosage between 1% and 1.5% of fibers. Likewise, a reduction in the settlement of the material and better performance against mechanical stresses were observed. In conclusion, the use of sugarcane fibers and lime in rammed earth represents a sustainable and economic alternative to reinforce this material, aligning with current trends in green construction.

Keywords: Sugarcane fiber, lime, physical properties, mechanical properties, durability.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La construcción sostenible, especialmente aquella que emplea materiales derivados de la tierra, presenta una opción eco amigable que conserva la eficacia estructural [1], así mismo, se sabe que el adobe es una técnica de construcción antigua, sencilla y de bajo costo, aún utilizada en algunas partes del mundo, principalmente en áreas rurales [2]; sin embargo, la insuficiente resistencia a la compresión y flexión en métodos tradicionales de construcción con tierra, como el adobe, genera un alto riesgo de colapso o fallo estructural inmediato durante los terremotos, [3]; pese a ello, la inclusión de estas fibras en la mezcla con tierra ha ganado popularidad por su capacidad para actuar como estabilizador natural y por ser un recurso accesible [4].

La vulnerabilidad se debe principalmente a la ausencia de procesos de estabilización y refuerzo en los bloques, lo que disminuye su capacidad mecánica [3], Según Himouri et al.. [5], en estas zonas, se producen grandes volúmenes de residuos agrícolas que pueden ser reutilizados de diversas formas. Es por eso, que las fibras naturales han atraído una creciente atención en la industria de la construcción por sus beneficios [6].

El uso de fibras naturales para la elaboración de adobe es fundamental no solo para optimizar sus características, sino también para reducir el impacto ambiental [7], los materiales agrícolas, como la fibra de bagazo de caña de azúcar, pueden ser aprovechados como componentes en la fabricación de materiales de construcción [8] En este marco, el bagazo de caña de azúcar, producto derivado de la extracción, refinación, transporte y almacenamiento, ha sido ampliamente estudiado [9] según Sooksawat et al.. [10] menciona que la caña de azúcar (CA) es responsable de cubrir más del 60% de la demanda mundial de azúcar, siendo una de las principales fuentes para su producción a nivel global. Así, se anticipa que la demanda de productos fabricados con fibra natural aumente, debido a la creciente preocupación por la

reducción de residuos y la contaminación [11] y [12].

En el Perú hay 160 mil hectáreas de caña de azúcar, que contribuyen con 3,6 % del PBI agrícola, esta superficie se reparte entre los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima y Arequipa. [13], El 65 % de la producción corresponde a ingenios azucareros industriales y el 35 % restante a sembradores particulares de caña de azúcar [14], además, se menciona que en Perú se encuentra la ciudad de barro más grande de América, la cual forma parte de la reconocida cultura Chimú, destacándose especialmente la ciudadela de Chan Chan. [15]

A nivel nacional, muchas viviendas construidas con tierra se derrumban durante terremotos u otros eventos naturales, un claro ejemplo de ello fue el sismo en Lamas, de 7.5 Mw, donde 900 viviendas colapsaron, siendo el 81% de ellas de tapial, lo que pone de manifiesto la ausencia de refuerzos adecuados en su construcción [16], A pesar de ello, se informó que en áreas de bajos recursos, el uso de adobe sigue siendo la opción más común, ya que es el único método accesible para que las personas puedan contar con un hogar donde vivir. [17] , Li Zabaleta, [18] comenta que, en Lambayeque, se observa que un 53.50% de las viviendas se encuentran en condiciones precarias, siendo construidas principalmente con materiales como quincha y adobe, lo que refleja la vulnerabilidad de estas estructuras ante eventos naturales.

Asimismo, el uso de fibras naturales en la elaboración de tapiales presenta una solución eficaz para mejorar las propiedades mecánicas de las construcciones de adobe. [19] Estas fibras, al ser añadidas a la mezcla, incrementan la resistencia y estabilidad de los tapiales, lo que hace que sean una opción más durable y resistente frente a eventos sísmicos y otras condiciones ambientales adversas. [20] Esto ha llevado a que su incorporación sea vista como una estrategia importante para mejorar la calidad de las viviendas rurales [21]

Este estudio es de gran importancia porque busca mejorar la resistencia y durabilidad de los tapiales, una técnica de construcción tradicional ampliamente utilizada en zonas rurales. Las viviendas construidas con tapiales, especialmente en áreas

vulnerables a sismos, a menudo no cuentan con la estabilidad suficiente para resistir estos eventos naturales. Al incorporar cal y fibra de caña de azúcar, se pretende ofrecer una solución económica y accesible que fortalezca las estructuras sin aumentar significativamente los costos, aprovechando materiales locales y abundantes. La investigación responde a la necesidad de proporcionar viviendas más seguras y sostenibles en comunidades rurales, donde el acceso a materiales modernos y costosos es limitado. Este estudio no solo contribuye a mejorar la calidad de las construcciones, sino que también promueve una construcción más ecológica, utilizando recursos naturales para reducir el impacto ambiental. En resumen, la investigación es esencial para fortalecer las viviendas de las comunidades rurales, cumpliendo con la demanda de soluciones de construcción duraderas, accesibles y respetuosas con el entorno.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto que causa en las propiedades de durabilidad y mecánicas el uso de la cal y la fibra de caña de azúcar como adición en los tapiales?

1.3. Hipótesis

¿La cal y fibra de caña de azúcar en tapiales mejora en su durabilidad y caracterización mecánica?

1.4. Objetivos

Objetivo general

Analizar el uso de cal y fibra de caña de azúcar en los tapiales sobre su durabilidad y caracterización mecánica.

Objetivos específicos

- Examinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la fibra de caña de azúcar.
- Evaluar el comportamiento mecánico y durabilidad del tapial al incorporar fibras de caña de azúcar.

1.5. Teorías relacionadas al tema:

Según las propiedades de los materiales, en una mezcla de fibras y tierra, es recomendable incorporar un aglutinante que mejore su resistencia frente a la acción del agua. [22]

Cal: La cal hidratada desempeña el papel de activador químico, impulsando las reacciones puzolánicas del FA y mejorando su eficacia como agente estabilizador. [23]

Fibra de caña de azúcar: Es un subproducto sólido generado tras la extracción del jugo de la caña. Su composición principal incluye celulosa, hemicelulosa y lignina. [24]

Suelo: para fabricar adobes de alta calidad, es fundamental elegir un tipo de suelo con la proporción adecuada de arena y arcilla. La función de la arcilla es unir los materiales, brindando cohesión a la mezcla, mientras que la arena contribuye a la estabilidad y mejora la resistencia estructural del adobe [25]

Tapiales: el tapial es un método constructivo para levantar muros, basado en la compactación de sucesivas capas de tierra húmeda con contenido arcilloso dentro de un encofrado o molde [26]

Bloques de Tierra comprimida: Son bloques cuya fabricación emplea maquinaria especializada que garantiza una compactación óptima y una estructura uniforme, incorporando solo una pequeña cantidad de cemento o cal. [27]

Propiedades mecánicas:

Las propiedades mecánicas del tapial pueden optimizarse mediante un adecuado diseño de la mezcla y técnicas de compactación, permitiendo su uso en edificaciones resistentes y sostenibles. [28]

- Resistencia a la flexión: Este factor está influenciado por diversos aspectos, como la composición del suelo, el método de fabricación y la adición de estabilizantes o refuerzos naturales. [29]

- Resistencia a la compresión: Es una característica esencial en los materiales de construcción, ya que evalúa su capacidad para resistir cargas sin sufrir daños

estructurales. En materiales como el adobe, el concreto y el tapial, este factor influye en su resistencia y estabilidad a lo largo del tiempo en las edificaciones. [30]

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada en esta investigación se fundamenta en una revisión sistemática de la literatura, con el propósito de evaluar cómo diferentes enfoques, tecnologías y materiales contribuyen a mejorar las propiedades mecánicas y su durabilidad del tapial. El estudio se centra en tres términos clave: “rammed earth as a construction material”, “mechanical properties of rammed earth with natural fibers” y “sugar cane fibers in rammed earth”. Para ello, se llevaron a cabo búsquedas exhaustivas en bases de datos científicos y publicaciones indexadas, seleccionando un total de 40 artículos relevantes publicados entre 2020 y 2024. Los estudios fueron analizados según criterios específicos que abordan la influencia de las fibras de caña de azúcar y sisal en la mejora de las características mecánicas y de durabilidad del tapial, sus composiciones químicas, así como los efectos ambientales derivados de su uso. Los resultados se organizaron en función de los aspectos investigados, tales como la resistencia mecánica del tapial con fibras de caña de azúcar y cal, su durabilidad y el análisis del impacto ambiental asociado.

III. RESULTADOS

OE1: Examinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la fibra de caña de azúcar.

En cuanto a sus propiedades mecánicas, las fibras de caña de azúcar presentan una densidad que varía entre 1.2 y 1.5 g/cm³, y su resistencia a la tracción oscila entre 100 y 150 MPa. El módulo de Young de estas fibras está en un rango de 10 a 30 GPa, y su alargamiento de ruptura se encuentra entre el 2% y el 5%. En términos de composición química, las fibras de caña de azúcar contienen entre un 40% y un 50% de celulosa, de un 20% a un 30% de hemicelulosa, y entre un 15% y un 20% de lignina [31]. Además, en comparación con las fibras sintéticas y minerales, las fibras de caña de azúcar y sus derivados requieren menos energía en su proceso de fabricación y presentan menores riesgos durante su producción [32]

OE2: Evaluar el comportamiento mecánico y durabilidad del tapial al incorporar fibras de caña de azúcar.

TABLA I
PROPIEDADES MECANICAS DEL TAPIAL INCORPORANDO FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR

Incorporación	Resultados	Referencia
MP + 0.30% FCA	Los resultados mostraron un mejor desempeño del 73% en su resistencia a la compresión y un mejor rendimiento en la resistencia a la flexión.	[22]
MP + 3% FCA	Se obtuvo mejoras con un incremento de 48.96% en resistencia a la compresión en cubos y 23.85% en resistencia a la compresión en muretes respecto a la muestra patrón	[33]
MP + 2% FN	se observó un incremento del 27.3% en la resistencia a la compresión, mientras que la absorción de agua aumentó en un 15.6% respecto a la muestra patrón.	[34]

MP + 2% FCA	Mejoró aumentando el 48.96% en resistencia a la compresión en cubos y 23.85% en resistencia a la compresión en muretes respecto a la muestra Patrón	[35]
MP + 2% FCA	a resistencia a la compresión se incrementó en 48.96% en cubos de adobe y en 23.85% en muretes de adobe	[36]
MP + 0.4% FN	incremento del 46.92% en la resistencia a la compresión en seco y del 71.43% en la resistencia a la flexión respecto a la muestra patrón	[37]
MP + 1.5% FN	los resultados mostraron que la absorción de agua disminuyó en 15.62% respecto a la muestra patron	[38]
MP + 4% FCA	Se obtuvieron mejoras con un incremento del 23.08% en la resistencia a la compresión y del 33.33% en el módulo de elasticidad respecto a la muestra patrón.	[39]
MP + 3% FN	Se obtuvo mejoras con un incremento del 14.3% al 26.53% en la resistencia a la compresión y una reducción de 1.88% a 11% en la densidad aparente respecto a la muestra patrón	[40]

TABLA II
PROPIEDADES DEDURABILIDAD DEL TAPIAL INCORPORANDO FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR

Incorporación	Resultados	Referencia
MP + 0.30% FCA	Redujo la absorción de agua por capilaridad en un 54% y en un 30% la absorción de agua por inmersión respecto a la muestra patrón.	[22]

MP + 3% FCA	Se obtuvo mejoras con un incremento de 31.25% en absorción total y 126.67% en succión respecto a la muestra patrón	[33]
MP + 2% FN	la resistencia al desgaste por goteo mejoró, reduciendo la profundidad de perforación en 30.94% respecto a la muestra patrón	[35]
MP + 2% FCA	Se obtuvo mejoras con un incremento del 31.25% en absorción total y 126.67% en succión respecto a la muestra patrón.	[36]
MP + 4% FCA	Los resultados muestran una reducción del 18.6% en la absorción de agua en comparación con la muestra patrón, mejorando la estabilidad estructural y la resistencia a la humedad.	[39]
MP + 3% FN	la conductividad térmica disminuyó entre 1.38% y 22.22%, lo que indica una mejor capacidad de aislamiento térmico	[40]

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

OE1: La fibra de caña de azúcar está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que le confiere propiedades mecánicas favorables, como resistencia a la tracción y flexibilidad. Estas características la hacen adecuada para su aplicación como material de refuerzo en sistemas constructivos sostenibles [31] Según Rocco et al. [32], está compuesta principalmente por celulosa (35-50%), hemicelulosa (20-30%) y lignina (15-25%), junto con menores proporciones de cenizas, extractivos y compuestos solubles. Estas propiedades la convierten en una opción viable para su uso como refuerzo en materiales de construcción sostenibles.

OE2: Varios estudios han evidenciado que las fibras de caña de azúcar pueden contribuir a la mejora de las propiedades mecánicas del tapial. Hernandez et al. [38],

reportaron que la adición de 2% de fibra de caña de azúcar la resistencia a la compresión se incrementó en 48.96% en cubos de adobe y en 23.85% en muretes de adobe. De igual manera, Cabo et al. [39], obtuvieron mejoras con un incremento del 23.08% en la resistencia a la compresión y del 33.33% en el módulo de elasticidad respecto a la muestra patrón. No obstante, estudios como el de Fidjah et al. [40], señalan que el efecto de las fibras de caña de azúcar depende de la cantidad añadida, enfatizando la relevancia de determinar proporciones adecuadas para su aplicación en la construcción con tapial.

Conclusiones

OE1: La fibra de caña de azúcar posee una composición química rica en celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que le otorga estabilidad estructural y resistencia mecánica. Además, estas propiedades favorecen su incorporación en materiales de construcción sostenibles. Por ello, es fundamental establecer las proporciones adecuadas y los métodos de aplicación óptimos para aprovechar al máximo sus beneficios en distintas aplicaciones.

OE2: Incorporar fibra de caña de azúcar en el tapial puede potenciar sus propiedades mecánicas, especialmente la resistencia a la compresión y flexión, según la cantidad utilizada. Investigaciones han evidenciado mejoras notables en la estabilidad estructural y la durabilidad del material al emplear proporciones adecuadas de fibra. Sin embargo, también se han observado efectos adversos, como una posible disminución en la densidad del tapial, lo que subraya la necesidad de un estudio exhaustivo para optimizar su uso en construcciones sostenibles.

V. REFERENCIAS

- [1] Azalam, Youness, Benfars, Mohammed, Alioui, Abdelmounaim, Mabrouki, Mustapha y Bendada, El Maati, «Improving Adobe's Mechanical Properties through Sawdust Reinforcement: A Comparative Study of the effect of varying Sawdust Dimensions,» *Materials Sciences in Energy*, vol. 582, pp. 1-10, 2024.
- [2] da Silva N.A., Cecchin D., Rocha C.A.A., Filho, R. D. Toledo, Pessin J., Rossi G., Bambi G., Conti L. y Ferraz P.F.P., «Influence of coconut fiber incorporation on the mechanical behavior of adobe blocks,» *Agronomy Research*, vol. 22, pp. 1504 - 1516, 2024.
- [3] J. Tello, M. Cabrera, J. Rodriguez y A. C. Eyzaguirre Acosta , «Bloques de tierra comprimida para vivienda rural en zonas sísmicas utilizando fibras de bagazo de caña de azúcar,» *Materiales de ingeniería clave*, vol. 922, pp. 177-182, 2022.
- [4] Bougtaib K., Jamil Y., Nasla S., Gueraoui K. y Cherraj M., «COMPRESSED EARTH BLOCKS REINFORCED WITH FIBERS (DOUM PALM) AND STABILIZED WITH LIME: MANUAL COMPACTION PROCEDURE AND INFLUENCE OF ADDITION ON MECHANICAL PROPERTIES AND DURABILITY,» *JP Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 26, pp. 157 - 177, 2022.
- [5] Himouri, Khedidja, Hamouine, Abdelmadjid y Guettatfi, Lamia, «Compressive Creep and Ultrasonic Characterization of Adobe Bricks Stabilized with Quicklime, Portland Cement, and Date Palm Fibers,» *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 19, pp. 50-59, 2025.
- [6] Serrano, Mauricio Ruiz, Barquín, Héctor Serrano y Serrano, Andrés Ruiz, «From agave to earthen architecture. Use of natural fibers from agro-industrial waste in the manufacture of biocomposite adobe,» *Ge-Conservacion*, vol. 25, pp. 44 - 52, 2024.
- [7] Sen, Bipul y Saha, Rajib, «Experimental and numerical investigation of mechanical strength characteristics of natural fiber retrofitted rammed earth walls,» *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 50, pp. 970 - 993, 2022.
- [8] Ali, Noorwirdawati, Zainal, Nurul Aini, Burhanudin, Mohd Khairy, Samad, Abdul Aziz Abdul, Mohamad, Noridah, Shahidan, Shahiron y Abdullah, Siti Radziah, «Physical and mechanical properties of compressed earth brick (CEB) containing sugarcane bagasse ash,» *MATEC Web of Conferences*, vol. 47, 2016.
- [9] Pan, Shiyou, Zabed, Hossain M., Wei, Yutuo y Qi, Xianghui, «Perspectivas tecnoeconómicas y ambientales de la producción de biocombustibles a partir del bagazo de caña de azúcar: estado actual, desafíos y perspectivas futuras,» *Cultivos y productos industriales*, 2022.
- [10] Sooksawat, Treerat, Ngaopok, Ketsaraporn, Siripornadulsil, Surasak, Amnuaypanich, Sittipong, Attapong, Marisa y Siripornadulsil, Wilailak, «Sustainable production of polyhydroxybutyrate biopolymers and cellulose microfibrils from sugarcane waste,» *Process Biochemistry*, vol. 150, pp. 134 - 147, 2024.
- [11] Datchossa, Abbas Tiambo, Doko, Valéry K., Kabay, Nihat, Olodo, Emmanuel E. T. y Omur, Tarik, «Evaluation of the Effects of Untreated and Treated Sugarcane Bagasse Fibers and RHA on the Physicomechanical Characteristics of Cementitious Composites,» *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, vol. 48, pp. 25 - 40, 2024.
- [12] Zachariah, Jithin P. y Jakka, Ravi S., «Experimental Investigation on Shear Behavior and Mechanical Properties of Fine Sand Reinforced with Sugarcane

Bagasse Fibers,» *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, vol. 11, 2024.

- [13] E. Assureira y M. Assureira, «Energy potential of agricultural residues in Peru for use in thermochemical processes,» *Actas de la Multiconferencia Internacional LACCEI sobre Ingeniería, Educación y Tecnología*, 2022.
- [14] David Resano, Oscar W. Guillen, Fabiola D.R. Ubillús y José L. Barranzuela, «Physicochemical characterization of industrial and hand-crafted sugarcane bagasse as construction material,» *Información tecnológica*, vol. 33, nº 2, 2022.
- [15] Mendoza Mamani y Edwin Reynaldo, «Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del adobe reforzado con fibra de caña y el adobe convencional, Carabayllo,» Repositorio de la Universidad César Vallejo, Lima, 2019.
- [16] Mirian Villegas La Chira, Carlos Carcelén Reluz, Daniel Morán Ramos y Miriam Acuña Barrueto, «Responses to the tremor of March 4, 1904 through Lima journalistic coverage,» *Desde el Sur*, vol. 15, 2023.
- [17] F. J. Rocca Villalobos , «Evaluación de las propiedades del adobe adicionando ceniza de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar como estabilizantes, Ferreñafe 2020,» repositorio UCV, Lima, 2020.
- [18] B. F. Li Zavaleta, «Influencia del bagazo de caña de azúcar junto con cáscara de arroz en las propiedades mecánicas del adobe, ciudad Lambayeque,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo , 2023.
- [19] A. K. Woldesenbet, R. A. Negatu y B. N. Alamirew , «Investigación de fibras sintéticas versus fibras naturales en bloques de tierra estabilizada comprimida entrelazados: una comparación entre la fibra de botellas de plástico y la paja de “teff”,» *Energía verde y tecnología*, pp. 109-123, 2024.
- [20] T. E. Motaung, S. V. Motlounge, . L. F. Koao, T. D. Malevu y E. C. Liganiso, «AThermic Effect on Degradation Kinetics of Sugar Cane Bagasse Polypropylene Composites,» *Revista de ciencia de materiales compuestos*, vol. 6, 2022.
- [21] Chantit, Farah, Abbassi, Fatima-Ezzahra El y Kchikach, Azzouz, «Performance of compressed earth bricks reinforced with sugar industrial by-products bagasse and molasse: Mechanical, physical and durability properties,» *Journal of Building Engineering*, vol. 90, 2024.
- [22] P. PL de Souza, R. Irlanda y R. Malheiro, «Bagazo de caña de azúcar como agregado en materiales compuestos para bloques de construcción,» *Energías*, vol. 16, 2023.
- [23] A. M. Abdelbaset, D. Katunský, M. Zeleňaková y M. H. El-Feky, «Mechanical properties stabilization of low plasticity Kaolin soil using fly ash and hydrated lime,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 21, 2024.
- [24] J. Sarkar, D. Mridha, J. S. Sarkar, J. Tersur Orasugh, B. G. Dipankar Chattopadhyay, T. Roychowdhury y K. Acharya, «Synthesis of nanosilica from agricultural wastes and its,» *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 37, 2021.
- [25] Juan Bariola y Francisco Ginocchio, «Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS),» 2020.
- [26] Y. G.-E. López, «Tapial contemporáneo para una construcción sostenible,» 2020.
- [27] A. A. Jiaming Maa , H. Zhang, A. Zhou, Y. Fu y Y. Min Xie, «Bloque de tierra ultracomprimido estabilizado con bioligante para la construcción de edificios sostenibles,» *Casos prácticos de materiales de construcción*, vol. 21, 2024.
- [28] P. Catalán Quiroz, J. Y. Moreno-Martínez, A. Galván y R. Arroyo Matus, «Obtention of the mechanical properties of the adobe masonry using (lab based) experimental test,» *Acta universitaria*, vol. 29, 2020.
- [29] M. Soliz, D. Torrealva, P. Santillán y G. Montoya, «Bending behavior analysis of

geogrid reinforced adobe walls,» 2021.

- [30] R. Llampas, Vasilios G. Loizou y I. Ioannou, «Effect of Straw Fiber Reinforcement on the Mechanical Properties of Adobe Bricks,» *Proceedings Paper Formatting Instructions* , 2021.
- [31] Chantit, Farah, Abbassi, Fatima-Ezzahra El y Kchikach, Azzouz, «Performance of compressed earth bricks reinforced with sugar industrial by-products bagasse and molasse: Mechanical, physical and durability properties,» *Journal of Building Engineering*, vol. 90, 2024.
- [32] Rocco, Angelica, Vicente, Romeu, Rodrigues, Hugo y Ferreira, Victor, «Adobe Blocks Reinforced with Vegetal Fibres: Mechanical and Thermal Characterisation,» *Buildings*, vol. 14, 2024.
- [33] C. E. Vásquez Arteaga, V. A. Ocas Oyarce, C. . M. Fernandez Diaz, M. A. Cerna Vasquez, E. S. Soto Abanto y F. A. Calvanapón-Alva, «Analysis of the Physical and Mechanical Properties of Adobe with the Addition of Sugarcane Bagasse,» *Contribution*, 2023.
- [34] Mahgoub M. SALIH, Adelaja I. OSOFERO y Mohammed S. IMBABI, «Critical review of recent development in fiber reinforced,» *Frontiers of Structural and Civil Engineering* , vol. 14, 2020.
- [35] Sandeep Singh, Jasgurpreet Singh Chohan, Raman Kumar y , Pankaj K. Gupta , «Stability of compressed earth blocks using sugarcane bagasse ash and,» *Materials Today: Proceedings*, 2021.
- [36] Carlos Eduardo Vásquez Arteaga, Victor André Ocas Oyarce, Carlos Mario Fernández, Marco Antonio Cerna Vasquez, Segundo Eloy Soto Abanto y Flor Alicia, «Analysis of the Physical and Mechanical Properties of,» *International Multi-Conference for Engineering, Education*, 2023.
- [37] Rolande Aurelie Tchouateu Kamwa, Joseph Bikoun Mousi, Sylvain Tome, Juvenal Giogetti Deutou Nemaleu, Martine Gérard, Marie-Annie Etoh y Jacques Etame, «Effect of treated palm fibers on the mechanical properties of compressed earth bricks stabilized by alkali-activated binder-based natural pozzolan,» *International Journal of Ceramic Engineering & Science*, vol. 7, 2025.
- [38] Francisco Hernández-Olivares, Rosa Elizabeth Medina-Alvarado, Xavier Eduardo Burneo-Valdivieso y Alonso Rodrigo Zúñiga-Suárez, «Short sugarcane bagasse fibers cementitious composites for building,» *Construction and Building Materials*, 2020.
- [39] Gabo Cyprien Bailly, Yassine El Mendili, Athanas Konin y Eliane Khoury, «Advancing Earth-Based Construction: A Comprehensive Review of Stabilization and Reinforcement Techniques for Adobe and Compressed Earth Blocks,» 2024.
- [40] Fidjah Abdelkader, Rabehi Mohamed, Kezrane Cheikh y Adda Hanifi Mohamed Amine, «Improving The Mechanical and Thermal Behavior of a Compressed Earth Block Using Fibers,» *Journal of Engineering and Sustainable Development*, vol. 28, 2024.

ANEXOS

TABLA II
PROPIEDADES MECANICAS DEL TAPIAL INCORPORANDO FIBRA DE CAÑA DE
AZUCAR

Incorporación	Resultados	Referencia
MP + 0.30% FCA	Los resultados mostraron un mejor desempeño del 73% en su resistencia a la compresión y un mejor rendimiento en la resistencia a la flexión.	[22]
MP + 3% FCA	Se obtuvo mejoras con un incremento de 48.96% en resistencia a la compresión en cubos y 23.85% en resistencia a la compresión en muretes respecto a la muestra patrón	[33]
MP + 2% FN	se observó un incremento del 27.3% en la resistencia a la compresión, mientras que la absorción de agua aumentó en un 15.6% respecto a la muestra patrón.	[34]
MP + 2% FCA	Mejoró aumentando el 48.96% en resistencia a la compresión en cubos y 23.85% en resistencia a la compresión en muretes respecto a la muestra Patrón	[35]
MP + 2% FCA	a resistencia a la compresión se incrementó en 48.96% en cubos de adobe y en 23.85% en muretes de adobe	[36]
MP + 0.4% FN	incremento del 46.92% en la resistencia a la compresión en seco y del 71.43% en la resistencia a la flexión respecto a la muestra patrón	[37]
MP + 1.5% FN	los resultados mostraron que la absorción de agua disminuyó en 15.62% respecto a la muestra patron	[38]

MP + 4% FCA	Se obtuvieron mejoras con un incremento del 23.08% en la resistencia a la compresión y del 33.33% en el módulo de elasticidad respecto a la muestra patrón.	[39]
MP + 3% FN	Se obtuvo mejoras con un incremento del 14.3% al 26.53% en la resistencia a la compresión y una reducción de 1.88% a 11% en la densidad aparente respecto a la muestra patrón	[40]

TABLA II
PROPIEDADES DEDURABILIDAD DEL TAPIAL INCORPORANDO FIBRA DE CAÑA
DE AZUCAR

Incorporación	Resultados	Referencia
MP + 0.30% FCA	Redujo la absorción de agua por capilaridad en un 54% y en un 30% la absorción de agua por inmersión respecto a la muestra patrón.	[22]
MP + 3% FCA	Se obtuvo mejoras con un incremento de 31.25% en absorción total y 126.67% en succión respecto a la muestra patrón	[33]
MP + 2% FN	la resistencia al desgaste por goteo mejoró, reduciendo la profundidad de perforación en 30.94% respecto a la muestra patrón	[35]
MP + 2% FCA	Se obtuvo mejoras con un incremento del 31.25% en absorción total y 126.67% en succión respecto a la muestra patrón.	[36]
MP + 4% FCA	Los resultados muestran una reducción del 18.6% en la absorción de agua en comparación con la muestra patrón, mejorando la estabilidad estructural y la resistencia a la humedad.	[39]

MP + 3% FN	la conductividad térmica disminuyó entre 1.38% y 22.22%, lo que indica una mejor capacidad de aislamiento térmico	[40]
------------	---	------