

ANALYSIS OF THE MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF ADOBE COMPACTED WITH ICHU AND PINE FIBERS.

Abstract – *This research was carried out with the objective of determining the mechanical and physical properties of compacted adobe, by incorporating plant materials in its preparation; ichu fiber at 2.5 % was used as a standard sample, compared to the use of three levels of pine fiber (2.5 %, 5 % and 7 %). The compression, bending and absorption properties were analyzed, for which 24 adobes were elaborated for each one of the indicated addition percentages, obtaining as an answer, that the adobe with ichu fiber has a better resistance to compression 42.75 kg/cm², compared to 35.65 kg/cm², 34.68 kg/cm² and 28.95 kg/cm², for the 2.5%, 5% and 7% pine fiber levels. When evaluating the resistance to flexion, the adobes made at 2.5% with ichu fiber reached a resistance of 33.02 kg/cm², being greater than the resistance of: 27.07 kg/cm², 25.20 kg/cm² and 26.00 kg/cm² for 2.5 %, 5% and 7% pine fiber; Likewise, when evaluating the absorption of water, it was obtained as results that the adobe with Ichu fiber was 2.92% compared to 2.74%, 3.05% and 2.80% for 2.5%, 5% and 7% of pine fiber respectively. It is concluded that the addition of 2.5% ichu fiber generates greater resistance to compression and flexion, compared to the addition of pine fiber at 2.5%, 5% and 7%, but has lower absorption compared to pine fiber.*

Keywords: *Adobe, Fiber, Pine, Compression, Flection, Absorption*

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL ADOBE COMPACTADO CON ICHU Y FIBRA DE PINO.

Lizar Vasquez Vasquez, Ing.¹; Hermes Roberto Mosqueira Ramírez Dr.²  Miguel Angel, Mosqueira-Moreno Dr.³ 

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. n00036976@upn.pe

Universidad Privada Del Norte (UPN). Cajamarca, Perú. hermes.mosqueira@upn.pe

Universidad Privada Del Norte (UPN). Cajamarca, Perú. miguel.mosqueira@upn.pe

Resumen- Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar las propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado, al incorporar materiales vegetales en su elaboración; se utilizó como muestra patrón la fibra de ichu al 2.5 %, en comparación al uso de tres niveles de fibra de pino (2.5 %, 5 % y 7 %). Se analizó las propiedades de compresión, flexión y absorción para lo cual se elaboraron 24 adobes por cada uno de los porcentajes de adición indicados, obteniendo como respuesta, que el adobe con fibra de ichu tenga mejor resistencia a compresión 42.75 kg/cm², comparado con 35.65 kg/cm², 34.68 kg/cm² y 28.95 kg/cm², para los niveles 2.5%, 5% y 7% de fibra de pino. Al evaluar la resistencia a la flexión, los adobes elaborados al 2.5 % con fibra de ichu alcanzaron la resistencia de 33.02 kg/cm², siendo mayor a la resistencia de: 27.07 kg/cm², 25.20 kg/cm² y 26.00 kg/cm² para 2.5 %, 5% y 7% de fibra de pino; asimismo, al evaluar la absorción del agua, se obtuvo como resultados que el adobe con fibra de Ichu fue de 2.92 % comparado con 2.74 %, 3.05 % y 2.80 % para 2.5 %, 5% y 7% de fibra de pino respectivamente. Se concluye, que la adición de fibra de ichu 2.5 % genera mayor resistencia a la compresión y flexión, comparadas con la adición de fibra de pino en 2.5%, 5% y 7%, pero tiene menor absorción comparado con la fibra de pino.

Palabras claves: Adobe, Fibra, Pino, Compresión, Flexión.

Digital Object Identifier: (only for full paper, inserted by LACCEI)
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI)
DO NOT REMOVE

I. INTRODUCCIÓN

Para realizar el presente artículo nos basamos en la tesis “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino, Cajamarca 2019”. [1], del repositorio de la Universidad Privada del Norte, del cual se ha tomado diferentes datos como resultados, conceptos que permitan el desarrollo del artículo materia de ejecución.

Para la población mundial, el adobe fue un material de construcción predominante, por ser de gran utilidad en climas cálidos – secos y temperaturas del mundo. En la actualidad, un

tercio de la humanidad vive en casas de tierra y, en países en vías de desarrollo representa más de la mitad. [2].

Estudios indican que alrededor del 30% de la población mundial vive en este tipo de construcciones; igualmente, el 50% de los países en desarrollo, que incluye a la mayoría que habita en la zona rural, y por lo menos el 20% de la población urbana y urbano marginal viven en casas de tierra. [3].

De igual forma, las viviendas construidas a base de adobe y tapial por región, Huancavelica tiene el mayor número de viviendas con paredes exteriores hecha con estos materiales, con 84 mil 835, que equivale al 82,4% del total de viviendas, seguido de Apurímac con 91 mil 752 viviendas (76,1%), y nuestra región Cajamarca en un tercer lugar con 264 mil 310 viviendas (70,3%), entre las principales. [4].

Por esta razón, se sigue usando en las zonas alto andinas de nuestra región Cajamarca la paja o ichu., con el fin de controlar las fisuras y agrietamientos que se presentan en el adobe y con el mortero se realiza el empastado de las paredes interior y exteriores de las viviendas. [3]

Por otra parte, al utilizar fibras como: “pelo de animal o humano, fibras de coco, sisal, agave, bambú y paja cortada”, se ha demostrado, que la retracción tiende a reducirse; esto se debe a que el contenido relativo de arcilla se reduce y que parte del agua es absorbida por los poros de las fibras, también se reduce la aparición de fisuras, debido a que, con las fibras se incrementa la posesividad de la mezcla. [2].

Demostrando con ello la importancia que cumplen, las fibras vegetales que se pueden extraer de diferentes partes de las plantas, como hojas, tallos, semillas o frutos. En función de la localización de la fibra en la planta, habitualmente se clasifican en dos grandes grupos: fibras blandas y fibras duras. [5].

En cuanto a, al adobe, es una pieza para construcción hecha de una masa de barro, es por ello, que tiene muchas ventajas en comparación a los materiales industriales, dentro de ellas es la de: Regular la humedad ambiental, almacenar calor, de ser un material reutilizable y de absorber contaminantes. Sin embargo, es vulnerable ante el agua y de no ser tan recomendables para zonas sísmicas altas. [2].

Por ello, se debe de tener en cuenta las siguientes características en elección de los suelos para su elaboración: Arcilla 10 – 20 %, limo 15- 25 % y arena de 55-70 %, no debiéndose utilizar suelos orgánicos estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobe estabilizado. [6].

Tabla 1. Clasificación de suelos expansivos.

Potencial de expansión	Expansión en consolidómetro bajo presión vertical de 7 KPa (0,07Kgf/Cm2)	Índice de plasticidad	Porcentaje de partículas menores que dos micras
%	%	%	%
Alto	20_30	23_45	18_37
Medio	10_20	12_34	12_27
Bajo	<10	<20	<17

Fuente. MVCS, “Norma Técnica E-050”, Suelo y Cimentaciones, Ministerio de Vivienda, Lima, 2017. [7].

Asimismo, MVCS, en la Norma técnica E-080, recomienda la no construcción de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos, blandos, ni arcillas expansivas; tampoco, en zonas propensas a inundaciones, cauces, avalanchas, aluviones, huaycos o suelos con inestabilidad geológica. [6].

De igual forma, establece que su formas y dimensiones debe de cumplirse con los siguientes términos. [6]:

- Para adobes rectangulares, se aproxima al doble del ancho.
- La relación entre el largo y la altura, debe ser de 4 a 1.
- En lo posible, la altura debe de ser mayor a 8 cm”.

Entre los usos más sobresalientes de este material, se ha visto reflejado en nuestras culturas peruanas en la construcción de sus viviendas o campos ceremoniales, como se evidencia en la costa norte del país: La Ciudadela de Chan Chán, siendo en la actualidad Patrimonio Cultural de la Humanidad y la construcción de adobe más grande de América y la segunda en el mundo.

Finalmente se puede indicar, que el conocimiento y el uso de las fibras naturales es de gran importancia para el desarrollo de la humanidad, por ser un material que permite construir herramientas de trabajo y artesanía.

De igual forma, el uso adecuado de la tierra reforzada, nos permite la construcción de viviendas a bajo costo, con menor impacto ambiental y que se ajusta a las necesidades y las posibilidades de la población.

Por lo tanto, el uso de la fibra de pino, sería una gran alternativa por ser un vegetal en abundancia en Cajamarca. Es visto que, en la actualidad, no es aprovechada e incluso es

ignorado por sus propietarios, abandonándolos a la intemperie para su descomposición y desintegración en el medio ambiente, lo que se podría identificar en algunas localidades y en determinadas regiones para desarrollar proyectos de esta naturaleza. [1].

Es por eso que, la presente investigación busca analizar las propiedades físicas y mecánicas del adobe incorporando al 2.5 %, 5% y 7% de fibra de pino, con ello, se busca mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y conceder durabilidad en las edificaciones, a la vez, brindar estabilidad ante la presencia de humedad, y otros corrosivos producidos por la naturaleza. [6].

Como parte de la temática, se desarrollaron los ensayos de mecánica de suelos y verificación de las propiedades, con la finalidad de garantizar óptimos resultados y que se ajusten a los estándares permitidos por nuestra normatividad vigente:

- Contenido de Humedad (MTC E /ASTM D2216/NTP 339.127).
- Límite de Plasticidad (NTP E339.130/MTC E111/ASTM D4318).
- Análisis Granulométrico mediante tamizado por lavado (ASTM D421).
- Compactación Proctor Modificado (MTC E115/ASTM D1557/NTP 339.141).
- Compresión ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167.
- Flexión ASTM D2166/MTC E121/NTP339.167.
- Absorción de agua NTO 339/613

Cabe precisar que para el desarrollo de esta investigación se ha considerado los siguientes conceptos básicos:

- **Adobe:** Es considerada elemento constructivo hecho de tierra. Por eso, ha sido un material habitual de construcción en las zonas alto andinas del Perú. [1].
- **Adobe estabilizado:** Es el adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.), con el fin de mejorar sus condiciones estructurales. [6].
- **Viruta:** Es la Fibra delgada que se obtiene del cepillado de la madera, que se extrae mediante un cepillo u otras herramientas industriales; no obstante, tiene infinidad de aplicaciones y usos, como en el presente caso materia de investigación se utilizó en diferentes porcentajes como adición en los bloques de adobe. [1]
- **Resistencia a Compresión:** Se entiende como la capacidad para soportar una carga y se analiza mediante el esfuerzo que experimenta el material ante una determinada carga que es programada

gradualmente hasta lo que pueda soportar, se emplea fundamentalmente para determinar si el material cumple con los requerimientos de la resistencia especificada. [6].

- **Resistencia a flexión:** Consideran que el ensayo de tracción por flexión se efectúa en la máquina de compresión sobre una unidad entera a la cual se apoya con una luz no mayor de 18 cm y se carga al centro hasta que el espécimen falle. [8].
- **Arcillas:** Se denomina a las partículas sólidas con diámetros menores de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclado con agua. Químicamente es un silicato de aluminio hidratado, aunque en muchas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. [9].

En las últimas décadas, se han venido realizando diversos estudios con la finalidad de mejorar las propiedades de resistencia, flexión y absorción del adobe, a fin de lograr una vivienda digna, saludable, segura; ante ello, se ha encontrado diversas investigaciones como, por ejemplo:

Salazar, en su investigación denominada: *Resistencia a la compresión Axial del adobe compactado con adición de fibra de maguey, Cajamarca 2017*, quien elaboró adobes adicionando fibra de maguey en 2.5 %, 5%, 7.5 % y 1 %, en donde concluye que la “adición de fibra de maguey en la resistencia a la compresión del adobe compactado con los porcentajes de 0.05 %, 0.75 % y 1%, obtuvo una resistencia de 23.93 kg/cm², 23.49 kg/cm² y 21.88 kg/cm² y la resistencia del adobe patrón es de 21.71 kg/cm², reducido hasta un 10.39 %: asimismo, se puede indicar que su mejor resultado se obtuvo con la adición de 2.5 % de fibra de maguey, de 24.75 kg/cm², superando al adobe patrón cuya resistencia alcanzó a los 19.82 kg/cm². [10].

De igual forma, Mantilla, en su tesis: *“Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta de caucho”*, concluye que al “incorporar 3 % de viruta la resistencia a Compresión aumentó hasta un 36 % en comparación con el adobe tradicional, es decir en 30.25 kg/cm², al incorporar el 2 % de caucho se incrementó su resistencia en 27.57 kg/cm², que en comparación con el adobe tradicional representaría un incremento del 24 %. Al incorporar el 3 % de viruta se incrementó su resistencia a la flexión en 8.35 kg/cm², esto representa un incremento en el 4 % del adobe tradicional, y con caucho en la misma proporción el 8.25 kg/cm², representando un incremento del 3 % en comparación con el adobe tradicional”. [11].

II. MÉTODOS Y MATERIALES

El tipo de investigación realizada es:

- ❖ Aplicada, considerando el fin que se persigue, porque se busca conocer una realidad problemática, analizar datos y parámetros para el diseño y elaboración de bloques de adobe. [1].
- ❖ Según el enfoque de la investigación es cuantitativa, porque se basa a cantidades y estadísticas; así como, se busca verificar la hipótesis planteada y los posibles resultados que se obtenga de la investigación. [1].
- ❖ Transversal, se analiza datos recopiladas en un determinado tiempo, población o muestra predefinida. [1].
- ❖ Experimental, puesto que se modifica el porcentaje de adición de fibra, evaluando su efecto en las propiedades físicas y mecánicas. [1].

Con respecto, a la población se consideró en total noventa y seis especímenes, compactados para la muestra patrón al 2.5 % y para el estudio con la fibra de pino en los porcentajes de 2.5 %, 5 % y 7 %.

Tabla 2. Prototipo de la investigación.

Prueba o Ensayo	Fibra de Ichu 2.5 %	Fibra de Pino 2.5 %	Fibra de Pino 5 %	Fibra de Pino 7 %
Compresión	8	8	8	8
Flexión	8	8	8	8
Absorción	8	8	8	8
Sub total	24	24	24	24
Total.: 96				

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Se hace mención que para la muestra de estudio se elaboró 8 unidades por cada porcentaje, de las cuales se ensayaron 6 unidades, y para el resultado final, se eligió los cuatro mejores resultados por cada ensayo y porcentaje. [1]

Tabla 3. Unidades de adobe ensayados.

Prueba o Ensayo	Fibra de Ichu 2.5 %	Fibra de Pino 2.5 %	Fibra de Pino 5 %	Fibra de Pino 7 %
Compresión	6	6	6	6
Flexión	6	6	6	6
Absorción	6	6	6	6
Sub total	18	18	18	18
Total.: 72				

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Finalmente, la unidad de estudio será cada bloque de adobe, fabricado y elaborado como muestra patrón al 2.5 % y con fibra de pino (2.5 %, 5 % y 7 %), para la investigación. [1].

En cuanto a, las técnicas de recolección de datos: Se utilizó las siguientes:

- Observación directa, para la elección de la cantera, a fin de verificar la calidad de suelo visualmente, que posteriormente fue utilizado en la elaboración de los adobes en sus diferentes porcentajes. De la misma forma, se optó por la fibra de pino. [1].
- Experimento, por la razón que nos permite recopilar y medir información sobre variables específicas, y evaluar resultados.

Como instrumentos de recojo de la información, se utilizaron las diferentes fichas de recolección de datos las mismas que fueron llenados en campo con el tipo de suelo, características, resultados de los diferentes ensayos de mecánica de suelo y verificación de las propiedades físicas y mecánicas realizados en el laboratorio de ingeniería de la UPN - Cajamarca, para luego utilizar como herramienta de procesamiento de datos hojas de cálculo (programa Excel).[1].

Como parte de los materiales utilizados para el desarrollo del presente artículo se utilizaron los siguientes:

- **Adobe.** Siendo sus dimensiones: Ancho: 15 cm, Largo: 30 cm y Alto: 10 cm. [1]. Se ha tomado como referencia la indicado en el Art. 18 de la NTP E-080 (Adobe) Diseño y construcción con tierra reforzada, anexo – Resolución Ministerial Nro. 121 2017 – VIVIENDA, en donde textualmente lo señala: 18.7 El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho. 18.8 La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.



Figura 1. Modelo de adobe a ensayar; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

- **Paja o uchu.** Científicamente denominada *Stipa Ichu*, y es utilizado en la región Cajamarca para dar consistencia al adobe.[3]



Figura 2. Paja o Ichu; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

- **Fibra de pino.** Resultado del proceso del cepillado de la madera. [1]



Figura 3. Obtención de la Fibra de Pino; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Para el estudio se empleó los siguientes materiales:

- 45 kg (aprox.) de las canteras de Aylambo Bajo, Shucapampa y Shucapampa A1, material que fue utilizado para todos los ensayos.
- El agua de acuerdo al porcentaje de la fibra de pino (2.5 %, 5 % y 7 %).
- Fibra de pino.
- Paja o Ichu.

Instrumento:

- Herramientas Manuales (pala, pico y carretilla).
- Máquina CINVA RAM (Fabricación de los adobes).
- Máquina de ensayo FORNEY (Ensayo Compresión y Flexión).
- Instrumentos necesarios para cada ensayo y facilitados por la UPN – Cajamarca.

Como parte del proceso de elaboración del adobe, se tuvo como criterio clasificar el presente trabajo en etapas.

Etapa I: Ubicación de la cantera y recolección del material (tierra, paja o ichu y fibra de Pino).

- **Cantera:** Se realizó la visita a diferentes canteras, a fin de realizar una inspección visual del suelo; logrando adquirir las muestras de tres de ellas, obteniendo los mejores resultados de la cantera de Shucapampa - A1, Según la clasificación SUCS es un SC: Arena Arcillosa. [1].
- **Fibra de pino:** Para su obtención se empleó una cepilladora eléctrica, la misma que fue programada a que extraiga la fibra a menos de un 1 mm de espesor, a fin de que permita el adecuado desarrollo de la presente investigación [1].



Figura 5. Dosificación de la Fibra de pino; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Etapa II: Ensayos en laboratorio para la clasificación del material.

Ensayos de mecánica de suelo.

- Contenido de Humedad.
- Límite de Plasticidad y del líquido.
- Análisis Granulométrico mediante tamizado por lavado.
- Compactación Proctor Modificado.

Etapa III: Fabricación de los bloques de adobe.

Para la elaboración de unidades o bloques de adobe, se deberá de remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños. [6].

- **Separación de partículas (tamizado).** Se procede al tamizado, a fin de evitar elementos extraños o suelos no apropiados.



Figura 4. Separación de partículas; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino, Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

- **Obtención y dosificación de la adición (fibra de pino).** La fibra empleada tenía una dimensión menor a 3 cm y un espesor menor a 1 mm. [1].

- **Mezclado.** El suelo fue dejado en reposo húmedo durante 24 horas para facilitar su mezcla, luego se cola la adición de las fibras tratando de obtener una mezcla homogénea de tierra, agua y fibra. [1].



Figura 6. Mezcla homogénea de tierra, fibra y agua; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

- **Encofrado y desencofrado.** Se empleó la máquina CINVA RAM, facilitado por el laboratorio de la UPN - Cajamarca, evitando en lo posible el relleno con material defectuoso. [1].



Figura 7. Máquina CINVA RAM; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

- **Secado y almacenamiento.** Los Bloques o unidades de adobe fueron colocados en un ambiente seco y almacenados por un periodo de 28 días. [1].



Figura 8. Almacenamiento y secado; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Etapa IV: Verificación de propiedades.

- **Ensayo a compresión:** En el presente ensayo, se utilizó una plancha de acero soldada en la mitad de la maquina CINVA RAM, a fin de obtener los adobes a la mitad.



Figura 9. Ensayo a compresión; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

- **Ensayo de Flexión:** Como parte del equipo a utilizar en el ensayo, tenemos los siguientes: Equipo de flexión FORNEY, de compresión y dos aceros de 20 cm de un diámetro de 3/8”.



Figura 10. Ensayo de flexión; Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

- **Ensayo de absorción de adobe.** Los adobes son sumergidos en un recipiente (tinajas) por 24 horas, luego continúa el trabajo en gabinete con los resultados obtenidos antes y después del ensayo.



Figura 11. Ensayo de absorción; tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

- Etapa V: Trabajo en gabinete** (verificar su variabilidad de las propiedades del adobe - Hojas de Cálculo – Programa Excel).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como respuesta a los ensayos de suelo, se presenta los cuadros resumen para cada cantera.

Tabla 4 Resultados de la Cantera Aylambo Bajo.

Nro.	Nombre del Ensayo	Resultado	Unidad de Medida	Anotación de la cantera Aylambo Bajo
1	Contenido de Humedad	3,71	%	El porcentaje promedio del contenido de Humedad del suelo de la cantera de Aylambo Bajo.
2	Granulometría por Lavado	357.80 71.56	gr %	
3	Límites de Consistencia			
3.1	Límite Líquido (LL)	38,07	%	Contenido de Humedad a 25 golpes
3.2	Límite Plástico (LP)	26,27	%	Promedio de Contenido de Humedad del Límite Plástico
3.4	Índice de Plasticidad (LL-LP)	11,80	%	Contenido de Humedad
4	Clasificación SUCS		ML	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
			OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Tabla 5 Resultados de la Cantera Shucapampa.

Nro.	Nombre del Ensayo	Resultado	Unidad de Medida	Anotación de la Cantera Shucapampa
1	Contenido de Humedad	3,71	%	El porcentaje promedio del contenido de Humedad del suelo de la cantera de Shucapampa.
2	Granulometría por Lavado	313.20 62.64	gr %	
3	Límites de Consistencia			
3.1	Límite Líquido (LL)	37.56	%	Contenido de Humedad a 25 golpes
3.2	Límite Plástico (LP)	22.75	%	Promedio de Contenido de Humedad del Límite Plástico
3.4	Índice de Plasticidad (LL-LP)	14.81	%	Contenido de Humedad
4	Clasificación SUCS		ML	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
			OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Tabla 6 Resultados de la Cantera Shucapampa – A1.

Nro.	Nombre del Ensayo	Resultado	Unidad de Medida	Anotación Shucapampa - A	
1	Contenido de Humedad	3,71	%	El porcentaje promedio del contenido de Humedad del suelo de la cantera de Shucapampa -A.	
2	Granulometría por Lavado	214.14	gr	Pérdida por Lavado	
3	Límites de Consistencia				
3.1	Límite Líquido (LL)	42.83	%	% pasa el Tamiz # 200	
3.2	Límite Plástico (LP)	25.77	%	Contenido de Humedad a 25 golpes	
3.4	Índice de Plasticidad (LL-LP)	15.41	%	Promedio de Contenido de Humedad del Límite Plástico	
3.4	Índice de Plasticidad (LL-LP)	10.36	%	Contenido de Humedad	
4	Clasificación SUCS	SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	
5 Proctor para la Cantera Shucapampa -A					
	Fibra de Pino 7%	Fibra de Pino 5%	Fibra de Pino 2.5%	Muestra Patrón (Ichu) 2.5%	Descripción / Unidad de Medida
12.10	11.10	10.05	11.25		Contenido de Humedad Óptimo (%)
1.68	1.752	1.954	1.96		Densidad Seca Óptima (gr/cm ³)

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino, Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

En la tabla 4 y 5, observamos los resultados de las canteras de Aylambo Bajo y Shucapampa, donde han demostrado presentar elevado limos y arcillas, y se clasifican como “ML” Arcillas Inorgánicas y “OL” Limos Orgánicos, no apropiado para la elaboración de adobe; en cambio, los resultados presentados en la tabla 6 de la cantera de Shucapampa A1 cumple con NTP – E-080 (Adobe), donde establece: Arcilla 10 – 20 %, limo 15-25 % y arena de 55-70 %, basándose en dichos rangos sería un suelo apropiado para la elaboración de boques de adobe y se clasifica como un suelo “SC” arenas arcillosas, mezclas de arena – arcillas. [1].

Tabla 7 Resumen del Ensayo: Rotura a Compresión.

Nro. Espécimen	Muestra Patrón (Ichu o Paja) 2.5 %		Fibra de Pino 2.5 %		Fibra de Pino 5 %		Fibra de Pino 7 %	
	kgf	kg/cm ²	kgf	kg/cm ²	kgf	kg/cm ²	kgf	kg/cm ²
1	5200	23,60	6612	29,8	4845	21,9	6394	29,3
2	4986	22,80	8046	35,7	6958	31,7	4274	19,0
3	9881	43,70	8284	36,7	7850	36,1	6737	29,5
4	6971	30,80	6844	30,6	7627	35	6037	27,1
5	8843	55,40	8154	36,7	7627	34,3	5210	23,4
6	9349	41,10	7498	33,5	7820	35,9	6730	29,9
Promedio	8761	42,75	7996	35,65	77564	34,68	6475	28,95
Desviación Estándar	1266,36	10,11	345,64	1,51	415,75	2,04	332,70	1,26
Representa	100%	100%	91,26	83,39	86,33	81,11	73,90	67,72
Variación en % (Respecto al patrón)			-8,74	-16,61	-13,67	-18,89	-26,10	-32,28

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

En la tabla 7 se aprecia, que la fibra de ichu tiene una mejor respuesta a la compresión en comparación a los niveles de uso 2.5 % 5% y 7%, siendo esta 42.75 kg/cm² para un nivel de uso de fibra de Ichu, 35.65 kg/cm² para el 2.5 % de fibra de pino y 34.68 kg/cm² para un nivel de 5 % de uso de fibra de pino y 28.95 kg/cm² para el 7 % de fibra de pino. [1].

Se ha tomado como referencia el artículo 8 de la norma “Diseño y construcción con tierra reforzada”, inciso 8.1, numeral C, basándose en dicha expresión, para la investigación se optó por escoger los cuatro mejores resultados para cada

21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development”, Hybrid Event, Buenos Aires - ARGENTINA, July 17 - 21, 2023.

porcentaje, los de color rojos han sido aviadados, por ser los de menor rango. [12].

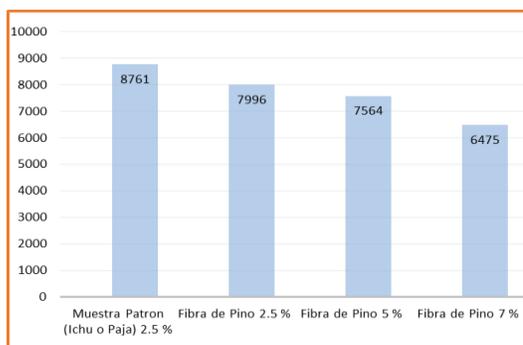


Figura 12. Resumen Promedio del Ensayo a Compresión (kgf); Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

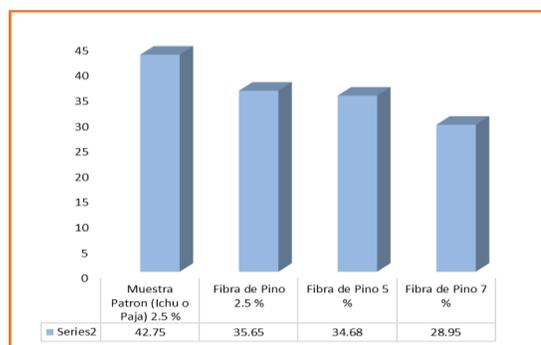


Figura 13 Resumen Promedio del Ensayo a Compresión (kg/cm²); Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

De las Figuras 12 y 13, nos muestra, gráficamente que a mayor incorporación de fibra de pino la resistencia a la compresión disminuye.

Tabla 8 Resumen del Ensayo: Rotura de Tracción por Flexión.

Nro. Espécimen	Muestra Patrón 2.5 %		Fibra de Pino 2.5 %		Fibra de Pino 5 %		Fibra de Pino 7 %	
	kgf	kg/cm ²	kgf	kg/cm ²	kgf	kg/cm ²	kgf	kg/cm ²
1	1348	30,23	1135	26,47	1378	23,27	1205	25,22
2	1348	31,99	1059	23,13	1053	22,34	1124	23,72
3	1171	25,81	1057	28,95	1323	28,31	1290	26,16
4	1255	33,03	1203	26,59	1118	25,66	1324	28,67
5	1443	32,59	1052	23,26	977	21,66	999	21,39
6	1310	34,48	1188	26,26	1026	23,55	1105	23,93
Promedio	1339.00	33.02	1145.75	27.07	1211.25	25.20	1231.00	26.00
Desviación Estándar	79.15	1.06	65.97	1.26	166.64	2.33	97.78	2.00
Representa	100%	100%	85.57	81.97	90.46	76.30	91.93	78.72
Variación en % (Respecto al patrón)			-14.43	-18.03	-9.54	-23.70	-8.07	-21.28

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Analizando la tabla 8, se indica, que la mayor flexión está dada por la muestra patrón superando en 18.03 % a la empleada con 2.5 % de viruta, 23.70 % a la muestra con 5 % de viruta y 21.28 % a la muestra con 7 % de viruta, probablemente la adición de

mayor proporción de viruta haya generado una menor flexión de los adobes.

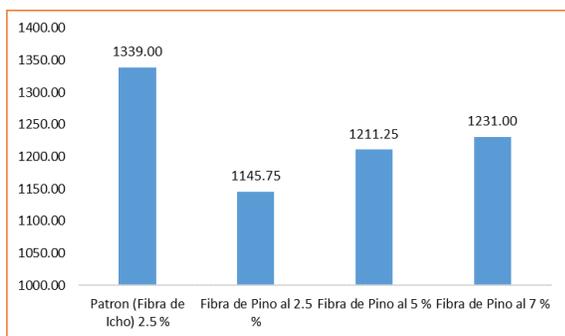


Figura 14 Resumen de Carga Promedio del Ensayo a Flexión (Kg); Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

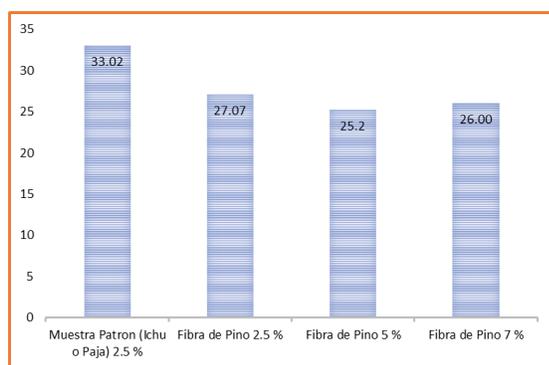


Figura 15 Resumen del ensayo a Flexión por espécimen (Kg/cm²); Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

En las figuras 14 y 15 nos muestra gráficamente, que la muestra patrón ha tenido un mejor comportamiento en comparación a las unidades de adobe elaborado a base de fibra de pino.

Tabla 9 Resumen promedio del ensayo de Absorción.

Nro. Espécimen	Muestra Patrón 2.5 %	Fibra de Pino 2.5 %	Fibra de Pino 5 %	Fibra de Pino 7 %
1	2,945	2,69	2,71	2,90
2	3,055	2,69	3,03	2,67
3	2,78	2,78	2,68	2,98
4	2,91	2,647	3,184	2,56
5	3,05	2,785	2,98	2,65
6	2,805	2,68	3,00	1,61
Promedio	2,92	2,74	3,05	2,80
Representa	100%	92,32	102,86	94,47
Variación en % (Respecto al patrón)	-	-7,68	2,86	-5,53

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Evaluando la tabla 9, se determinó que al 5 % de fibra de pino, obtuvo una absorción mayor a la muestra patrón; es decir, que a mayor fibra, la absorción será mayor.

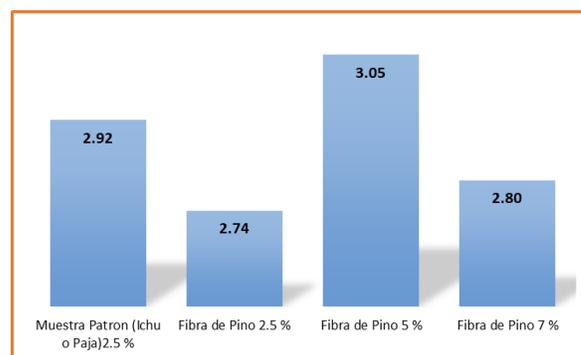


Figura 16 Resumen Promedio del Ensayo Absorción (%); Tomada de: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino, Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

Tabla 10 Resumen general de las propiedades físicas y mecánicas del adobe.

Ensayo	N	Ichu Muestra Patrón 2.5 %	Fibra de Pino 2.5 %	Fibra de Pino 5 %	Fibra de Pino 7 %
Compresión	24	42.75 kg/cm²	35.65 kg/cm²	34.68 kg/cm²	28.95 kg/cm²
Flexión	24	33.02 kg/cm²	27.07 kg/cm²	25.20 kg/cm²	26.00 kg/cm
Absorción	24	2.92 %	2.74 %	3.05 %	2.80 %

Fuente: “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” por Vasquez, L. 2021. [1].

De la tabla 10, se deduce, que la fibra de ichu genera mayor resistencia a compresión, superando 16.61 % cuando se utiliza 2.5% de fibra, 18.89 % cuando se utiliza 5 %, y 32.28 % cuando se utiliza 7 % de fibra de pino.

De igual forma, la muestra patrón al 2.5 %, genera mayor resistencia a la flexión, superando 18.03 % cuando se utiliza 2.5% de fibra de pino, 23.70 % cuando se emplea 5 % de fibra de pino y 21.28 % cuando se usa 7 % de fibra de pino.

Después de haber realizado los diferentes ensayos tanto como de compresión, flexión y absorción, se observó que los resultados cumplen con los estándares mínimos indicados en nuestra NTP E-080 (Adobe), al respecto somos de la opinión, que como alternativas de diseño se podrían emplear en zonas sísmicas 1 y 2 y en edificaciones de un piso tanto en zona rural y urbana.

IV. CONCLUSIONES

Al realizar la evaluación mecánica de la flexión, el estudio muestra que la fibra de ichu al 2.5 % de uso, es de 33.02 Kg/cm², demostrando con ello que tiene mayor resistencia a la flexión, comparado con la fibra de pino en niveles de 2.5 %, 5 % y 7%; siendo esta de 27.07 kg/cm², 25.20 kg/cm² y 26.00 kg/cm² respectivamente.

Podemos señalar, que la fibra de ichu tiene un mejor comportamiento a la compresión, siendo esta 42.75 kg/cm² para

la muestra patrón y 35.65 kg/cm², 34.68 kg/cm² y 28.95 kg/cm² para el nivel de uso al 2.5 %, 5 %, 7 % de fibra de pino, respectivamente.

De igual forma, se concluye que, a la evaluación del ensayo de absorción, el estudio muestra que la fibra de Pino al 5 % de uso, tiene mayor resistencia de absorción, comparado con la fibra de pino en niveles de 2.5 %, 7% y la Muestra Patrón; siendo esta de 2.74 %, 2.80 % y 2.92 % para los niveles indicados.

Finalmente, se concluye que el uso de la fibra de ichu al 2.5 % en la elaboración de adobes muestra que éstos tienen mayor resistencia a la compresión y flexión, comparadas con el uso de fibra de pino en la elaboración de adobe en los niveles de 2.5%, 5% y 7%, pero tiene menor absorción comparado con la fibra de pino.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada Del Norte, por ser el centro que me brindó la oportunidad de realizar el presente artículo en base a la tesis “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019”

REFERENCIAS

- [1] L. Vasquez Vasquez, “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino, Cajamarca 2019”, Tesis grado profesional, Univ. Pub. UPN, 2021.
- [2] G. Minke, “Manual de Construcción en Tierra”, eds. Fin del siglo, 2005.
- [3] O.V. Altamirano Carrasco. “Incidencia de la fibra vegetal "paja ichu" en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca”, Tesis Maestro en Ciencias, Univ. Páb. UNC, 2019.
- [4] INEI, “Censo Nacional de Poblaciones y Viviendas”, Características de las viviendas construidas particulares censados, Ed. 1er, 2017.
- [5] G. Vidal y S. Hormazabal, “Las Fibras Vegetales y sus Aplicaciones”, Univ. Páb. Universidad de Concepción de Chile, 2016.
- [6] MVCS, “Norma Técnica E-080”, Adobe, Ministerio de Vivienda, Lima, 2017.
- [7] MVCS, “Norma Técnica E-050”, Suelo y Cimentaciones, Ministerio de Vivienda, Lima, 2017.
- [8] H. Gallegos y C. Casabonne, “Albañilería Estructural”, Eds. Tercera, Univ. Páb. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
- [9] V. Crespo, “Mecánica de Suelos y Cimentaciones”, eds. Quinta, México, Limusa, 2004.
- [10] L.L Salazar Terrones, “Resistencia a la Compresión Axial del Adobe compactado con Adición de Fibra de Maguey, Cajamarca 2017, Tesis grado profesional, Univ. Páb. UPN, 2019.
- [11] J.C. Mantilla Calderón, “Variación de las Propiedades Físicas Mecánicas del Adobe al incorporar viruta y caucho. Cajamarca, Perú”, tesis grado profesional, Univ. Páb. UNC, 2018.
- [12] MVCS, “Norma Técnica E-080”, Anexos. Resolución Ministerial Nro. 121-2017-Vivienda, Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, Ministerio de Vivienda, Lima, 2017.
- [13] M. Borja, S. “Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil”, Chiclayo, 2016.