



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado  
con fibras de Rye grass Ecotipo Cajamarquino, Cajamarca  
2023.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Revilla Vargas, Victor Hugo (orcid.org/0009-0004-5564-3967)

**ASESOR:**

Dr. Muñiz Paucarmayta, Abel Alberto (orcid.org/0000-0002-1968-9122)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

Con gratitud y admiración, dedico esta investigación a todas las mentes curiosas que me precedieron, iluminando mi camino con su sabiduría. A mis seres queridos, en especial a mi madre María, mi hijo Alejandro y Yuly mi compañera, por su inquebrantable apoyo y amor infinito que me impulsan a alcanzar este importante logro. A mi asesor y docentes, cuya guía me ha enseñado a ver más allá de las palabras y a descubrir los misterios del conocimiento. Que este trabajo sea un tributo a su dedicación y pasión por el aprendizaje. Que mis palabras y descubrimientos sirvan como un pequeño aporte a la vasta sinfonía del saber humano.

## **El Autor**

## **Agradecimiento**

A mi familia por todo el amor y apoyo que me han mostrado a lo largo de esta investigación.

Agradezco sinceramente al Dr. Abel Alberto Muñiz Paucarmayta, por su asesoramiento experto, paciencia y dedicación para garantizar la calidad de esta investigación.

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo por proporcionar un ambiente propicio para la investigación y por los recursos académicos que enriquecieron mi trabajo.

A mi compañera Yuly, por su amor, paciencia y apoyo emocional incondicional durante este desafiante proceso.

A mi hijo Alejandro, por su comprensión y tolerancia cuando tuve que pasar tiempo lejos de él para dedicarme a esta investigación.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, REVILLA VARGAS VICTOR HUGO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO, CAJAMARCA 2023.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
VICTOR HUGO REVILLA VARGAS <b>DNI:</b> 28066253 <b>ORCID:</b> 0009-0004-5564-3967	Firmado electrónicamente por: RVARGASVH el 27-02- 2024 20:18:13

Código documento Trilce: TRI - 0738873



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MUÑIZ PAUCARMAYTA ABEL ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO, CAJAMARCA 2023.", cuyo autor es REVILLA VARGAS VICTOR HUGO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 27 de Febrero del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ABEL ALBERTO MUÑIZ PAUCARMAYTA <b>DNI:</b> 23851049 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1968-9122	Firmado electrónicamente por: AMUNIZP02 el 27-02- 2024 03:03:06

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de originalidad del autor .....	iv
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO.....	6
III METODOLOGÍA.....	21
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	21
3.2 Variables y operacionalización .....	22
3.3 Población, muestra y muestreo .....	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	27
3.5 Procedimiento .....	29
3.6 Método de análisis de datos.....	37
3.7 Aspectos éticos .....	44
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
V CONCLUSIONES.....	58
VI RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS .....	61
ANEXOS .....	66

## Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de cantidad de ensayos a realizar.....	26
Tabla 2. Intervalos de validez.....	28
Tabla 3. Validez del instrumento, por opinión de especialistas.....	28
Tabla 4. Intervalos de confiabilidad .....	29
Tabla 5. Ubicación de las canteras .....	32
Tabla 6. Resultados de la prueba de cinta de barro .....	32
Tabla 7. Resultados de la prueba presencia de arcilla .....	33
Tabla 8. Características del agregado tierra + arena.....	38
Tabla 9. Características del Rye grass deshidratado .....	38
Tabla 10. Proporción de tierra y arena para la elaboración de adobes.....	39
Tabla 11. Diseño de mezclas para elaboración de adobes con fibras de RG .....	39
Tabla 12. Descripción de la simbología.....	40
Tabla 13. Cantidad de adobes a elaborar de acuerdo a la dosificación de fibra ...	40
Tabla 14. Ensayo de compresión de pilas de adobe .....	41
Tabla 15. Ensayo de tracción indirecta de muretes de adobe .....	42
Tabla 16. Ensayo de flexión de vigas de adobe a los 30 días .....	43
Tabla 17. Resumen del comportamiento mecánico de los muros de adobe.....	44
Tabla 18. Compresión de pilas de adobe reforzados con fibras de Rye grass .....	45
Tabla 19. Tracción indirecta de muretes de adobe reforzados con fibras de RG..	46
Tabla 20. Flexión de vigas de adobe reforzados con fibras de Rye grass .....	47
Tabla 21. Prueba de normalidad de HE01 .....	49
Tabla 22. Correlación de Rho de Spearman de HE01.....	49
Tabla 23. Prueba de normalidad de HE02 .....	50
Tabla 24. Correlación de Rho de Spearman de HE02.....	51
Tabla 25. Prueba de normalidad HE03 .....	51
Tabla 26. Correlación de Rho de Spearman HE03 .....	52

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Agrietamiento y fisuras en muros de adobe .....	5
<i>Figura 2.</i> Vivienda de adobe colapsada en la provincia de San Miguel .....	5
<i>Figura 3.</i> Resistencia a la compresión.....	17
<i>Figura 4.</i> Ensayo de compresión de muretes de adobe o tapial .....	18
<i>Figura 5.</i> Ensayo de compresión diagonal en muretes de adobe .....	18
<i>Figura 6.</i> Resistencia Q del adobe a la flexión RF-UA.....	19
<i>Figura 7.</i> Resistencia $\frac{1}{2}$ F del adobe a la flexión RF-UA .....	19
<i>Figura 8.</i> Esquema del ensayo de flexión en el concreto .....	20
<i>Figura 9.</i> Flujograma del procedimiento a seguir.....	31
<i>Figura 10.</i> Rye grass en diferentes estados .....	34
<i>Figura 11.</i> Medidas típicas de elaboración de adobes.....	36
<i>Figura 12.</i> Resistencia a la compresión de pilas de adobe con fibras RG .....	46
<i>Figura 13.</i> Variación de la tracción indirecta de muretes de adobe .....	47
<i>Figura 14.</i> Variación de la flexión de vigas de adobe con fibras RG-EC.....	48

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento mecánico de los muros de adobe reforzados con fibras de rye grass ecotipo cajamarquino. La investigación fue aplicada de nivel experimental, mediante ensayos de flexión, compresión axial y diagonal. Los adobes se elaboraron acorde a la norma peruana, siendo los materiales tierra de cantera + arena (Proporción 1:1/2), se adicionó fibras de Rye grass ecotipo en cuatro dosificaciones diferentes MC (0%), ME1 (0.5%), ME2 (1%), ME3 (1.5%) y ME4 (2%), el proceso de curado tardó 28 días (unidades) y 28 días adicionales para el curado de muretes y mortero. Los resultados mostraron variación significativa respecto a las diferentes dosificaciones. Se concluye la existencia de mejoras en el comportamiento mecánico de los muros reforzados con fibras de rye grass ecotipo, pues al añadir 1% de fibras la compresión axial se incrementa en 5.4% respecto a lo establecido en la norma; mientras que, en la tracción indirecta, la dosificación de 1.0% se incrementó en 13% y en la flexión de la unidad de adobe se observó que a medida que se incrementa la dosificación de fibra, la resistencia a la flexión aumenta.

*Palabras clave:* Adobe, fibra de rye grass, características mecánicas.

## **Abstract**

The objective of this research was to determine the mechanical behavior of adobe walls reinforced with Cajamarcan ecotype rye grass fibers. The research was applied at an experimental level, through bending, axial and diagonal compression tests. The adobes were made according to the Peruvian standard, the materials being quarry earth + sand (Proportion 1:1/2), ecotype rye grass fibers were added in four different dosages MC (0%), ME1 (0.5%), ME2 (1%), ME3 (1.5%) and ME4 (2%), the curing process took 28 days (units) and an additional 28 days for curing the walls and mortar. The results showed significant variation with respect to the different dosages. The existence of improvements in the mechanical behavior of the walls reinforced with ecotype rye grass fibers is concluded, since by adding 1% of fibers the axial compression increases by 5.4% compared to what is established in the standard; while, in the indirect traction, the dosage of 1.0% increased by 13% and in the bending of the adobe unit it was observed that as the fiber dosage increases, the bending resistance increases.

*Keywords:* Adobe, rye grass fiber, mechanical characteristics

## I. INTRODUCCIÓN

La construcción de viviendas con materiales sostenibles y de bajo costo es cada vez más una necesidad urgente, el uso de nuevos materiales de refuerzo en la matriz de tierra permite que muchas familias puedan acceder a viviendas seguras. La Nueva Agenda Urbana fomenta la construcción y mejora de viviendas sostenibles, resilientes y eficientes en el uso de recursos, centrándose en la eficiencia de los materiales de construcción y el uso de materiales locales (ONU- Hábitat 2020).

Debido a la disponibilidad del material y el bajo costo, la construcción con tierra es una opción popular para viviendas en países subdesarrollados como Perú; lamentablemente, estas construcciones se realizan informalmente sin asesoramiento técnico de un profesional, por lo tanto, la calidad y durabilidad de las edificaciones es bajo, no cumplen los estándares mínimos de la Norma E.080, generando el colapso de muchas construcciones al producirse un terremoto. Blondet et. al (2011) describen los principales avances logrados en el reforzamiento de viviendas y unidades de albañilería, para hacer de estas construcciones más resistentes y durables.

Según el Plan Nacional de Vivienda 2006-2015, el déficit habitacional nacional total en 2001 era de 1,23 millones de viviendas, de los cuales el 26% representaba un déficit cuantitativo (sin viviendas) y el 74% restante representaba una deficiencia cualitativa. (calidad de la vivienda), la región de la costa presentaba el mayor déficit (46%) y la sierra alcanzaba el 42%. MVCS (2001). Documento de Trabajo: Dinámica del déficit habitacional en el Perú.

En el departamento de Cajamarca, existe un total 376,223 de viviendas registradas, de las cuales 51.9% utiliza como material de construcción de sus muros al adobe, el 22.1% de viviendas usan el ladrillo o bloque de cemento en sus muros, el 18.4% de las viviendas utilizan el tapial en sus muros, el 2.6% de las viviendas usan la piedra con barro en sus muros y en menor proporción la quincha, la madera, el triplay/ calamina/ estera, la Quincha y la piedra o sillar (INEI, 2017).

La NTE E.080 del MVCS (2017), sugiere agregar paja y arena al adobe para aumentar su resistencia y durabilidad, y también evitar las fisuras o agrietamiento durante el secado; sin embargo, estas afirmaciones, carecen de precisión y cuantificación.

Según la norma vigente, si las cantidades de arcilla y arena son las adecuadas, no es necesaria la incorporación de paja en la elaboración de los adobes; teniendo en consideración la enorme diversidad de suelos es poco probable encontrar suelos con las cantidades adecuadas de arcilla y arena, además como se mencionó para la construcción de adobes se utiliza la tierra proveniente de la excavación y explanación del emplazamiento de la vivienda, por esta razón es importante considerar la incorporación de fibras naturales en la matriz de tierra para el control de agrietamiento del adobe y mejorar la resistencia y durabilidad.

El problema afecta sobre todo a la población que vive en edificaciones de adobe, generalmente las viviendas con mampostería de adobe están expuestas a elementos climáticos y ambientales, tales como sismos de baja, mediana y gran intensidad, inundaciones, deslizamientos, lluvias intensas, heladas y vientos fuertes; factores que durante el ciclo de vida de las estructuras generan desgaste, agrietamiento, fisuramiento, desprendimiento; finalmente reduciendo la capacidad y resistencia mecánica de la estructura.

La situación descrita anteriormente viene afectando casi a la mitad de la población del país, ya que según estimaciones del INEI (2014), en el Perú se registraron 7.8 millones de viviendas, de las cuales 3.7 millones (47%) tienen como material de construcción al adobe, en estas viviendas viven un estimado de 14.4 millones de personas.

La investigación aporta conocimiento para la construcción con adobe, siendo viable la incorporación de fibra de rye grass a la matriz de tierra, para reforzar el adobe y los muros; teniendo en consideración que esta fibra vegetal es abundante y de fácil acceso en la zona, comúnmente esta fibra se utiliza como alimento para el ganado vacuno en Cajamarca. Por lo que fue importante investigar el uso de esta fibra vegetal, como alternativa para reemplazar la paja

de trigo, que es la fibra frecuentemente utilizada en la zona, pero la disponibilidad de paja de trigo actualmente es muy limitada ya que las zonas de cultivo de cereales han sido desplazadas por el cultivo de pastos; por lo se consideró como una alternativa factible para reemplazar la paja de trigo.

El propósito del presente trabajo estuvo orientado a determinar si la conducta mecánica de los muros de adobe se ve afectado por la incorporación de fibras de rye grass ecotipo Cajamarquino en diversas cantidades dentro de la matriz de tierra. Por lo tanto, se planteó el siguiente problema: ¿Cuánto cambia la conducta mecánica de los muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023?; de la misma forma, se exponen los problemas específicos siguientes: P.E.1: ¿Cómo cambia el esfuerzo a la compresión de muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino? P.E.2: ¿Cuánto varía el esfuerzo a la tracción indirecta de muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino? P.E.3: ¿Cuánto cambia el esfuerzo a la flexión de muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino?

**Justificación e importancia de la investigación;** se consideró la **Justificación teórica**, la NTE E.080 del MVCS (2017) menciona de una manera muy general que la incorporación de paja o fibras similares contribuyen a incrementar la resistencia y durabilidad del adobe, así como a controlar las fisuras; no se precisa cuantitativamente la dosificación de las fibras, así como también el efecto que tienen estas fibras en la resistencia de los adobes; por lo tanto, este estudio determinó la dosificación de fibra que permitió conseguir mejores resultados.

**Justificación práctica**, está referida a la utilización de una fibra vegetal muy abundante en el departamento de Cajamarca, esta gramínea forrajera se utiliza comúnmente como alimento del ganado vacuno, el Rye grass ecotipo cajamarquino es una pastura de alto rendimiento (5 a 20 Ton), que se puede aprovechar cada 50 a 60 días, convirtiéndose en una alternativa viable para sustituir a la paja de trigo.

La **justificación ambiental**, se relaciona con el uso de materiales sostenibles, los cuales no generan contaminación ambiental durante su proceso de fabricación, asimismo al final de su vida útil el material es totalmente reutilizable. Por lo tanto, considero importante la revalorización de las construcciones de adobe por su mínimo impacto ambiental, es 100% reciclable, de bajo costo energético y buen comportamiento bioclimático.

Por último, la **Justificación social**, actualmente a nivel mundial existe un enorme déficit de acceso a viviendas seguras y de bajo costo por parte de las familias; por lo tanto, considero importante que la investigación y difusión de tecnologías en adobe permitan lograr proponer un diseño de vivienda segura y de bajo costo para que muchas familias tengan acceso a una vivienda digna.

Se planteo como **objetivo general**: Determinar el cambio del comportamiento mecánico de los muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023. Asimismo, se han determinado los **objetivos específicos**: i) Calcular el cambio del esfuerzo a la compresión de muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023. li) Estimar la variación del esfuerzo a la tracción indirecta de muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023. lii) Cuantificar la variación del esfuerzo a la flexión de vigas de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023.

Asimismo, como **hipótesis general**: La conducta mecánica de muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, varia significativamente, Cajamarca 2023. Asimismo, se propusieron las siguientes **hipótesis específicas**: i) La resistencia a la compresión de muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, cambia considerablemente, Cajamarca 2023. li) La resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, varia significativamente, Cajamarca 2023. lii) La resistencia a la flexión de vigas de adobe reforzado con fibras de raigrass ecotipo cajamarquino, varia moderadamente, Cajamarca 2023.

Delimitación espacial: La investigación se ejecutó en el distrito y provincia de San Pablo, Cajamarca, la tierra utilizada procede de la cantera “Los Herrera”, situada en el cercado de la ciudad de San Pablo, en las coordenadas UTM (739656.08 m E, 9212780.48m N); asimismo al rye grass proviene del fundo Casablanca ubicado en el cercado de San Pablo.

Delimitación temporal: La investigación se realizó durante el periodo comprendido entre abril a diciembre del año 2023.



*Figura 1.* Agrietamiento y fisuras en muros de adobe



*Figura 2.* Vivienda de adobe colapsada en la provincia de San Miguel

## II. MARCO TEÓRICO

### Antecedentes Internacionales

Según Eslami A., Mohammadi H., Mirabi H. (2022), la investigación desarrollada tiene como propósito establecer la mejora en las propiedades mecánicas del adobe, utilizando fibras de palma como refuerzo natural; se fabricaron cuatro tipos de muestras (ladrillos, cubos, prismas y láminas), el suelo utilizado para las muestras contiene 40.6% arcilla, 37.4% de limo y 22% arena; se utilizaron cinco dosificaciones de fibra de palma (0, 0.25, 0.5, 0.75 y 1%), la fibra de palme tiene una longitud entre 1 a 6 cm, la resistencia a la tracción es de 36 a 136 Mpa. Respecto a los resultados de la prueba de compresión para ladrillos, se obtuvieron 3.07, 4.88, 4.28, 4.09, 3.74 MPa, en correspondencia a las dosificaciones de fibra; en cuanto a los resultados de la prueba de flexión para prismas, se obtuvieron 0.55, 0.84, 0.99, 1.08, 1.12 MPa en correspondencia a las dosificaciones de fibra propuestas. Se concluye que le mejor resistencia a la compresión se logra con la dosificación de 0.25% de fibra de palma, asimismo un aumento en la dosificación de fibras conduce a la reducción de la resistencia a la compresión; respecto a la resistencia a la flexión o tracción indirecta, se concluye que cuanto mayor es la dosificación de fibra de palma, la resistencia a la flexión continúa incrementándose.

G. Araya-Letelier, FC Antico, C. Burbano-Garcia, J. Concha-Riedel, J. Norabuena-Contreras, J. Concha, El. Saavedra Flore (2021); en su investigación, establecen como objetivo evaluar el efecto de las fibras de yute en el comportamiento mecánico de los adobes; el suelo utilizado en la investigación se clasificó como suelo arcilloso (CL) de baja plasticidad, el suelo contiene 12% arcilla, 54% limo y 34% arena, límite líquido 28.5% y límite plástico 16.9%; las fibras de yute utilizadas tienen longitudes de 7, 15 y 30 mm, y alcanzan una resistencia a la tracción de 400 a 800 MPa. Para el estudio se utilizó dos dosificaciones de fibra de yute - FJ (0%, 0.5% y 2%) y tres longitudes de fibra diferentes (7, 15 y 30 mm); los especímenes preparados para las pruebas fueron cubos y prismas. En cuanto a los resultados conseguidos en la resistencia a la compresión oscilaron entre 2.48 MPa (0% FJ) hasta 2.20 MPa

(2% FJ y 15 mm longitud); en cuanto a los resultados de resistencia a la flexión estos oscilaron entre 0.66 MPa (0.5% FJ y 15 mm longitud) hasta 0.55 MPa (2% FJ y 30 mm longitud). Finalmente se concluye, que no se evidencia un efecto claro de la incorporación de las fibras de yute en la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de los adobes, posiblemente debido a que el efecto de las microfibras de yute es muy marginal respecto al mejoramiento del comportamiento mecánico.

Olubisi I., Humphrey D. (2021), en su trabajo de investigación plantean como objetivo determinar el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe reforzado con fibras de pseudotallo de plátano; el suelo utilizado se clasifica como CL arcillas de baja plasticidad y presenta características como LL 46.70%, LP 23.44%, IP 23.26, respecto al tamaño de partículas se tiene 15% arcilla, 20% limo, 46% arena y 19% grava; el pseudotallo, se obtuvo del tallo de plátano mediante un proceso mecánico; para la preparación de los especímenes se utilizaron cuatro dosificaciones diferentes de fibras de pseudotallo de plátano (0.25%, 0.5%, 0.75% y 1%), más una muestra control (0%), la longitud de la fibra alcanza 75 mm, los especímenes de adobe tiene las siguientes dimensiones 100 x 100 x 140 mm; los resultados conseguidos de la resistencia a la compresión en correlación a la dosificación de fibra es 1.58, 1.70, 1.76 y 1.61 MPa, la muestra control alcanza 1.18 MPa; en cuanto a la resistencia a la tracción en la misma relación a la dosificación de fibra se tiene 0.25, 0.30, 0.26, 0.25 MPa y la muestra control logro 0.14 MPa. Se concluye que la resistencia a la compresión más óptima se logra con una dosificación de 0.75% de fibra, con dosificaciones superiores la resistencia disminuye; asimismo la resistencia a la tracción más óptima se logra con una dosificación de 0.5% de fibra, con dosificaciones superiores la resistencia a la tracción se ve disminuida.

Colbert B., Dieudonne K., Ahmat T., Raissa N., Bernardo K., Noël D. (2021) en su trabajo de investigación proponen como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de las fibras de neem en el comportamiento mecánico de los adobes; el suelo utilizado presenta las características siguientes; LL 36%, LP 22%, IP 14%, Arcilla 24.91%, Limo 12.85%, Arena 61%; el árbol de neem es

originario de la India, actualmente se encuentra distribuido en varios continentes, para la investigación se utilizó fibras y hojas de neem, en el caso de las fibras estas fueron secadas en un horno por 24 horas a 105°C, luego se molieron para ser utilizadas; en el caso de las hojas de neem se utilizaron directamente en la mezcla de tierra. Para la elaboración de las muestras se utilizó el neem (fibras molidas y hojas por separado), en la siguiente dosificación 0, 1, 2, 3 y 4%, las muestras se dejan secar por un periodo de 21 días. Los resultados conseguidos en la prueba de resistencia a la compresión utilizando fibras de neem alcanzan 4.69, 6.23, 6.35, 6.1 y 5.85 MPa correspondiente a las adiciones anteriormente descritas; asimismo con la utilización de hojas de neem se alcanza 4.69, 5.44, 5.59, 4.27 y 4.09 MPa cuando se añaden 0, 1, 2, 3 y 4% de hojas de neem; en el ensayo de resistencia a la flexión utilizando fibras de neem molidas, alcanza 0.16, 0.23, 0.20, 0.16 y 0.13 MPa; mientras con la utilización de hojas de neem se logra 0.16, 0.09, 0.11, 0.10 y 0.10 MPa, correspondientes a las dosificaciones de 0, 1, 2, 3 y 4 % de neem. Se concluye que la utilización de fibras de neem molidas presenta mejores resultados en los ensayos resistencia a la compresión y flexión; la dosificación de 2% de fibras de neem, consiguió la más alta resistencia a la compresión (6.35 MPa), en tanto que la dosificación de 1% de fibras de neem logro la mayor resistencia a la flexión (0.23 MPa).

Sandoval F., Barbero M., Flores N. (2018), en su investigación, plantea como objetivo estudiar el comportamiento de las acículas de pino; se utilizaron 3 variedades de pino pn1, pn2, pn3 y como testigo paja de trigo (ref), la dosificación de las fibras fue 1 volumen de fibra por 3 volúmenes de suelo, la longitud promedio de las fibras son pn1 = 9.9 cm, pn2 = 11.8 cm, pn3 = 12.7 cm y ref = 7.35 cm; el suelo utilizado tiene la siguiente gradación arena 65.48%, limo 9.28% y arcilla 26.24%, la dimensión de los adobes son 29 x 14 x 10 cm; respecto a los resultados conseguidos en la prueba de esfuerzo a la flexión logró 0.22, 0.17, 0.10 y 0.09 MPa en correlación a pn1, pn2, pn3 y ref.; referente a la resistencia a la compresión, alcanzo 3.2, 3.3, 2.4 y 2.7 MPa en la misma correlación pn1, pn2, pn3 y ref. Se concluye que las fibras de pn1 y pn2 son las más convenientes para optimizar la resistencia de los adobes; existe una

correlación alta entre mejor comportamiento mecánico de las fibras y la resistencia de los adobes ensayados.

### **Antecedentes Nacionales**

Valenzuela A., Benito J., Moggiano N., Cipriano R., Gamboa E., Julcarima A., Perez G. (2023), cuyo objetivo de su estudio es estimar el desempeño mecánico de ladrillos de adobe reforzados con fibras de agave americano "penca azul"; las características del suelo son: LL 36.7%, LP 29.91%, IP 6.79%, Limo 22.5%, Arcilla 22.5% y Arena 55%, Clasificación CL-ML; la obtención de las fibras de agave, comprende la recolección y chancado de las hojas, peinado y secado de las fibras; se consideró 5 dosificaciones de fibra de agave: 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1%, con la longitud de fibra de 25 mm; se fabricaron especímenes cúbicos, prismas y cilíndricos para los diferentes ensayos. Los resultados logrados de la prueba de compresión arrojaron; 2.24, 2.54, 2.27, 2.04 y 1.94 MPa en correlación a la dosificación propuesta; en cuanto al ensayo de resistencia a la flexión se obtuvieron los siguientes resultados 1.26, 1.40, 1.44, 1.32 y 1.27 MPa en correlación a la dosificación de fibra de agave (0%, 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1%). Se concluye que la resistencia a la compresión más óptima se logra con la dosificación de 0.25% de fibra de agave; asimismo la resistencia a la flexión óptima se alcanza con 0.5% de fibra de agave; se establece que la dosis más óptima es de 0.25% de fibra de agave americana para mejorar el comportamiento mecánico de los bloques de adobe.

Según Altamirano O. (2019), en su investigación, plantea como objetivo establecer el efecto de la incorporación de fibras de ichu sobre la resistencia mecánica del adobe, aplicó un diseño de investigación experimental, el ichu es un pasto natural altoandino, que crece en las praderas sobre los 2800 m.s.n.m. en estado verde se utiliza para la alimentación del ganado, cuando madura es fibroso y duro destinándose a otros fines (cobertura para casas, paja para adobe), la investigación plantea la utilización de tres dosis de paja ichu: 0.0% 0.4%, 0.8% y 1.2%, se ensayaron unidades de albañilería, muretes de adobe, vigas de tierra; respecto a los resultados obtenidos, referente al ensayo de flexión del adobe, considerando las dosificaciones indicadas anteriormente se obtuvo 3.60, 4.09, 4.50 y 5.70 kgf/cm<sup>2</sup>, asimismo referente al ensayo de

compresión del murete, se obtuvo 8.57, 8.73, 10.39 y 9.43 kgf/cm<sup>2</sup>, considerando las dosificaciones mencionadas en el mismo orden. Finalmente se concluye, que el mayor esfuerzo a la flexión se alcanzó con la dosis de 1.20%, respecto al esfuerzo a la compresión se alcanza la más alta resistencia con la dosis de 0.80% de paja ichu.

También Chambilla Ch. y Limachi C. (2023), en su tesis de grado, plantea que el objetivo central optimizar la resistencia mecánica del adobe incorporando fibra de totorilla, esta hierba semi acuática de tallos largos se utiliza como pastizal. El tipo de diseño de investigación es no experimental, la investigación propone la utilización de tres dosis de fibra de totorilla: 0.75%, 1.5% y 3.0% más un testigo, se ensayaron unidades prismáticas, probetas cilíndricas y adobes de 0.3mx0.16mx0.1m; respecto a los resultados conseguidos, me interesa el ensayo de tracción indirecta de muretes, donde la muestra control logró 0.2057 kg/cm<sup>2</sup>, con 0.75% de fibra alcanzo 0.2557 kg/cm<sup>2</sup>, con 1.50% de fibra obtuvo 0.2967 kg/cm<sup>2</sup> y con 3.0% de fibra se logró 0.2651 kg/cm<sup>2</sup>; se concluye que se alcanza la mayor resistencia con la adición de 1.50% de fibra de totorilla alcanzando 0.2967 kg/cm<sup>2</sup>.

Asimismo, Masco N. (2022), en su tesis de grado, plantea que el objetivo central de la investigación es estimar la inclusión de la fibra de alpaca y avena en las características mecánicas de mampostería de adobe, la fibra de alpaca es obtenida de la esquila de alpacas, en cuanto a la avena es una especie vegetal forrajera que se emplea en la alimentación de vacunos, el diseño es experimental, la investigación propone la inclusión de fibras de alpaca y avena en cuatro proporciones diferentes 0.0% 0.50%, 1.0%, 1.5% y 2.0% (en cada proporción de incluirá la fibra de alpaca + la avena simultáneamente), se ensayaron cubos primaticos, pilas de adobe (30x15cm) y muretes (65x65cm), respecto a los resultados obtenidos, en el esfuerzo de compresión teniendo en cuenta la dosificación de fibras se obtuvo: 4.98, 6.28, 8.83, 6.47 y 6.20 kg/cm<sup>2</sup>; asimismo en el esfuerzo de tracción indirecta teniendo en cuenta la dosificación de fibras se obtuvo: 0.25, 0.35, 0.59, 0.73 y 0.44 kg/cm<sup>2</sup>, como conclusión final se menciona que el mejor esfuerzo a compresión se alcanza con la dosificación de 1% de fibras (0.6%F. Alpaca + 0.4%Avena) y en el ensayo de tracción

indirecta se alcanza con la dosificación de 1.5% de fibras (0.8%F. Alpaca + 0.7%Avena)

Puma Y. (2022), en su tesis de grado, establece que el objetivo general de su investigación es comprobar la influencia de incorporar paja de cebada en las propiedades mecánicas de muros de adobe, la paja de cebada proviene del proceso de trillado del cereal y como residuos de cosecha se obtiene la paja de cebada que comúnmente se utiliza en la alimentación del ganado vacuno; la investigación presenta un diseño experimental, la investigación plantea la incorporación de fibras de cebada en cuatro dosificaciones 0.0% 0.50%, 1.0%, 1.5% y 2.0%, la longitud de la fibra utilizada es de 5 cm, se elaboran 630 unidades de albañilería de tierra, asimismo se ensayaron vigas, cubos primaticos, pilas de adobe (25x40x12cm) y muretes (65x65x12cm), respecto a los resultados conseguidos, el ensayo de compresión, en correspondencia a la dosificación de fibra de cebada indicada anteriormente, se obtuvo: 5.30, 5.70, 6.40, 6.26 y 6.00 kg/cm<sup>2</sup>; en cuanto al ensayo de tracción indirecta, en similar correspondencia a la dosificación de fibra de cebada se obtuvo: 0.12, 0.21, 0.29, 0.27 y 0.22 kg/cm<sup>2</sup>, como conclusión final, la compresión de muros de adobe más óptima, se alcanzó con dosis de 1.5% de fibra de cebada; asimismo la compresión diagonal de muretes más óptima, se logró con dosis de 1.0% de fibra de cebada.

Chambi C., Itusaca D. (2022), en su tesis de grado, traza como propósito de la investigación es estimar el desempeño mecánico de los muros de adobe cuando se incorpora fibra de cañihua; la cañihua es un cereal similar a la quinua que se cultiva principalmente en el altiplano peruano (Puno), la planta herbácea cuyo tamaño es entre 20 a 60 cm, presenta varias ramas fibrosas, hojas pequeñas e inflorescencia que produce granos comestibles, plantea un diseño de investigación experimental, la investigación propone la incorporación de fibras de cañihua en tres dosificaciones: Patrón 0%, 0.5%, 1.0%, 2.0%, la longitud de la fibra es de 5 cm y el tiempo de secado de los bloques es de 28 días, se realizaron ensayos de succión, mortero, adobe, viga tierra, pilas y muretes; referente a los resultado obtenidos, en cuanto al ensayo de resistencia a la flexión teniendo en cuenta las dosificaciones indicada, se obtuvo 11.16,

13.40, 15.23 y 18.88 kgf/cm<sup>2</sup>, en relación al ensayo de compresión de pilas, se alcanzó 7.12, 11.54, 12.57 y 11.81 kgf/cm<sup>2</sup>, en relación al ensayo de compresión diagonal de muros, se obtuvo 0.31, 0.37, 0.62 y 0.38 kg/cm<sup>2</sup>; finalmente como conclusión, se señala que las resistencias más altas se logró con dosificaciones de 0.5% y 1.0% observándose decaimiento de la resistencia con la dosificación de 2.0%; cabe señalar que contrariamente en el ensayo de flexión, donde cuanto mayor es la dosis de fibra, mayor es la resistencia a la flexión.

### **Variable 1: Fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino FRG-EC**

Villar, Cuellar, Valentin (2014), describen al Rye grass ecotipo cajamarquino (*Lolium multiflorum sp.*) como hierba anual o perenne, se reproduce liberando semillas cerca de la planta; estas semillas tienen baja latencia y altas tasas de germinación; se dispersan por riego, equipo agrícola y ganado; muchas de estas semillas pasan por el tracto digestivo del ganado y pueden germinar una vez en el suelo. Esta gramínea prospera adecuadamente entre los 2,500 a 3,500 m.s.n.m., con temperaturas de 10° a 16°C, crece en suelos ácidos (pH 5.8) y neutros, alcanza rendimientos entre 12 a 15 Ton de forraje verde; la planta tiene una altura entre 0.5 a 0.6 m., presenta hasta 40 brotes, la edad del corte es cada 45 días, con un total de 5 a 6 cortes por año. Esta pastura es muy común en la alimentación del ganado lechero en Cajamarca, por sus excelentes características de palatabilidad y digestibilidad (p. 22)

Vicuña, Duarte, Pelaez, Cadena (1985), señala que el rye grass anual o rye grass italiano, se adapta muy bien a zonas entre 2,000 a 3,200 m.s.n.m., se desarrolla en diferentes tipos de suelos, las plantas no viven mucho tiempo, algunas son anuales, algunas persistente de 12 a 18 meses y algunas se comportan como plantas perennes. Las plantas de rye grass crecen en matojos con numerosos macollos, los tallos pueden alcanzar entre 60 a 150 cm, habitualmente esta gramínea se siembra mezclada con trébol y se utiliza para pastoreo; el rendimiento de esta especie forrajera en condiciones naturales es de 60 Ton. Forraje verde x año (12 Ton. Forraje seco), en condiciones favorables puede alcanzar 10 a 15 Ton. Forraje verde x Ha x corte (2 – 3 Ton. forraje seco), cada corte se realiza a intervalos de 6 a 8 semanas, con

fertilización, riego y buenas prácticas de manejo se puede lograr producciones de 17 a 29 Ton. Forraje verde x Ha x corte (3.4 – 5.8 Ton forraje seco), con cortes a intervalos de 6 a 8 semanas. (p. 34 al 38)

Gillet (1984) menciona que el rye grass italiano (*Lolium multiflorum* L.), debido a sus cualidades es una gramínea forrajera que se cultiva a gran escala, ya que es muy fácil de implantar y también de utilizar, respecto a la morfología, tiene hojas finas y planas, el tallo es tipo caña, hueco entre los entrenudos, la inflorescencia es una espiga se espiguillas aplanadas, las raíces de la planta son muy superficiales, se concentran en los primeros 5 cm y apenas se encuentran por debajo de 15 a 20 cm; el rendimiento puede variar según el año entre 5 a 12 Ton de MS/Ha en 3 a 4 cortes por año; esta especie forrajera se puede aprovechar para corte y pastoreo directo (p. 299 al 302)

La estructura de la variable fibras de rye grass, está determinada por las dimensiones: tratamiento de fibra D1, longitud fibra D2 y dosificación fibra D3.

#### **Dimensión 1:** Tratamiento de la fibra.

INIA (2002), Henificación es el proceso de deshidratado de pastos y forrajes por acción del sol, para reducir la humedad de los forrajes frescos hasta el 20%, la época de corte del rye grass está condicionada al ciclo vegetativo “alcanza su madurez” cuando la floración está en sus inicios (10% de floración), a la edad de 50 a 60 días, el corte del forraje se puede realizar con equipos agrícolas o manualmente, el forraje cortado se deja en el campo formando hileras, el secado consiste en reducir la humedad del forraje hasta un 15% a 20% de humedad, el tiempo promedio del secado es de 2 a 4 días, dependiendo de las condiciones climáticas, finalmente se obtiene heno de rye grass. (p. 4 a 6)

#### **Dimensión 2:** Longitud de fibra

La norma E080 Diseño y construcción con tierra reforzada - MVCS (2017), en su Art. 12°, inciso 12.4, sugiere utilizar paja de unos 50 mm de longitud en suelos con alta concentración de arcilla. (p. 18)

### **Dimensión 3: Dosificación de fibra**

La norma E080 del MVCS (2017), en su Art. 12°, inciso 12.4, establece que en suelos arcillosos se debe utilizar paja con longitud de 5 cm. Esta regla también especifica que se debe usar 1 volumen de paja por cada 5 volúmenes de tierra, lo que ayuda a reducir las fisuras y el agrietamiento. En la presente investigación se ha considerado cinco dosificaciones y una muestra patrón, las dosificaciones de fibra de rye gras consideradas son: 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%. (p. 18)

### **Variable 2: Comportamiento mecánico de muros de adobe,**

La norma E.080 del MVCS (2017) según esta normativa, el adobe es una "unidad de tierra cruda que puede fortalecerse agregando paja o arena gruesa". Asimismo, respecto a la definición de muro, "es un muro arriostrado cuyas armaduras y/o elementos de arriostramiento horizontales y/o verticales son los únicos que proporcionan estabilidad lateral". (p. 4 y 5).

La norma E.80 del MVCS (2017), respecto a las particularidades y características del adobe, sugiere: (p. 19)

- Realizar las pruebas o ensayos de campo para corroborar la presencia de arcilla en cantidad suficiente.
- La tierra debe cernirse previo a la preparación del barro, posteriormente pasa por un proceso de hidratación durante 48 horas, con el propósito de activar las arcillas contenidas.
- El secado del adobe es lento, protegidos del sol y el viento, esto con el propósito de evitar fisuras en los adobes, el tiempo de secado es 28 días.
- La unidad de adobe cuadrado no debe exceder los 0.40 m de lado.
- El largo de la unidad de adobe rectangular debe ser el doble de ancho.
- El bloque de adobe debe tener una altura entre 0.8 m y 0.12 m.

Vargas, Torrealva, Blondet (2007) describe como hacer adobes de prueba, para determinar la dosificación adecuada **de arcilla**. (p. 16)

- Elaborar varios adobes con suelos y paja, dejarlos secar durante un día

- Verificar si en caso presentan rajaduras o agrietamientos se deben incorporar arena gruesa a la mezcla.
- Prepara la mezcla añadiendo la mitad de arena (1/2 volumen) a toda la cantidad de barro (1 volumen), la proporción sería 0.5:1. Realiza la prueba descrita anteriormente, si los adobes aun presentan rajaduras o agrietamientos, se sigue evaluando otra dosificación de arena:
- Prepara la mezcla añadiendo la misma cantidad de arena (1 volumen) a toda la cantidad de barro (1 volumen), la proporción sería 1:1. Realiza la prueba descrita anteriormente, si los adobes aun presentan rajaduras o agrietamientos, se sigue evaluando otra dosificación de arena:

Los porcentajes volumétricos adecuados de los suelos utilizados para la producción de adobes se establecen en el numeral cuarto de la NTE E.080 del MVCS (2006) como Arcilla 10 a 20%, Limo 15 a 25% y Arena 55 a 70%, indica además que no se deben usar tierras orgánicas. La NTE E.080 de 2016 aconseja efectuar pruebas de campo para determinar si el suelo es idóneo para la producción de adobes.

### **El adobe en Cajamarca.**

Según el INEI, en el departamento de Cajamarca existen 326 mil viviendas, de las cuales el 70% de estas, tienen como material predominante en los muros el adobe y el tapial; muchas de las casonas, iglesias e instituciones en Cajamarca son de adobe, entre estas tenemos la casona de Toribio Casanova, la iglesia San José, Iglesia San Pedro, Casona del Banco de Crédito del Perú, Casona del Banco Interbank, entre otras; estas edificaciones tienen más de 150 años de construidas, claro que muchas de ellas reciben un adecuado mantenimiento y conservación, pero esto nos da un claro ejemplo que el adobe es un material resistente a pesar del transcurso de los años.

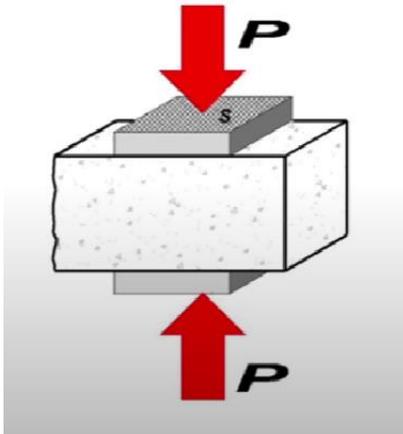
En Cajamarca, las viviendas de adobe que se construyen generalmente utilizan la tierra proveniente de la excavación de cimientos y/o explanaciones que se realizan en el emplazamiento de la edificación; el albañil es el encargado de realizar la mezcla de tierra y paja en las proporciones más adecuadas que permitan obtener un adobe de calidad, las dimensiones de los adobes varían entre 50 x 35 x 15 cm; 45 x 35 x 15 cm; comúnmente se utiliza paja de trigo o paja de ichu, la dosificación de estas fibras se hace en función a la trabajabilidad del barro, el albañil, para determinar la cantidad de fibra a incorporar realiza algunas pruebas, teniendo en cuenta la trabajabilidad, consistencia de la mezcla, fácil moldeo, rajaduras en la superficie del adobe; generalmente los muros se construyen de cabeza, para las juntas horizontales, se utiliza el mismo material utilizado en la fabricación de adobes; teniendo los muros terminados, estos se tarrajean a ambos lados con barro más fino, que se logra al tamizar la tierra y se agrega en algunos casos estiércol de ganado vacuno o equino, el muro de una pared tradicional tiene un ancho entre 50 a 55 cm, previo al pintado hay una actividad de resane del tarrajeo para eliminar las pequeñas fisuras y grietas que pueden haber quedado durante el secado del tarrajeo, para esto se utiliza una lechada de agua con arcilla y con la ayuda de un trapo se cubre la pared, finalmente el pintado del muros se realiza utilizando cal apagada o en su defecto imprimante blanco, con la ayuda de un rodillo o brocha se pinta el muro.

### **Granulometría**

ASTM (1996), se denomina granulometría o análisis granulométrico de un árido al procedimiento que permite separar por tamaño las partículas constituyentes del agregado o árido, con el fin de cuantificar en peso cada tamaño de partícula que contribuyen al peso total. En este proceso se utilizan mallas con diferentes diámetros de apertura para segregar por tamaño, ya que cada una ofrece el tamaño de agregado más grande.

## Resistencia a la compresión de muros de adobe RC-MA

Rodríguez (2010), también llamada tensión de rotura a compresión, se define como la relación entre la carga de rotura (P) y el área sobre la cual se aplica dicha carga sobre el material (espécimen), el resultado se expresa en N/mm<sup>2</sup>, Mpa, Kp/cm<sup>2</sup>, Bar.



$$\sigma_c = \frac{p}{S} \quad \text{Ec. .... (1)}$$

Figura 3. Resistencia a la compresión

**Donde:**

- $\sigma_c$ :** Resistencia a la compresión
- P:** Carga de rotura (presión)
- S:** Superficie o área del espécimen

NTE E.080 del MVCS (2017). El siguiente procedimiento se utiliza en las pruebas de laboratorio de esfuerzo mínimo de rotura para determinar la resistencia a la compresión del muro (p. 15 y 16):

- La resistencia máxima es de 6,12 kgf/cm<sup>2</sup> o 0,6 MPa.
- La prueba de compresión en paredes de barro o adobe con una altura que es (aproximadamente) tres veces el tamaño más pequeño de la base.
- Después de 28 días de secado, las muestras sometidas a ensayo, deben cumplir el requisito que la media de las cuatro muestras principales (de un total de seis) es mayor o igual a la resistencia máxima establecida anteriormente.

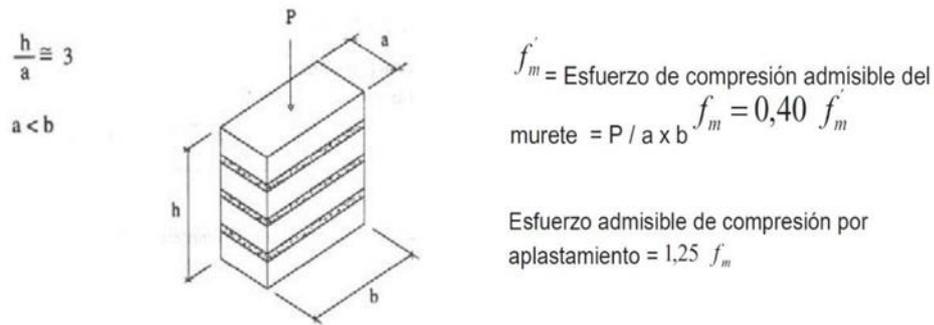


Figura 4. Ensayo de compresión de muretes de adobe o tapial

Fuente. NTE E.080 -MVCS 2017, p.16

### Resistencia a la tracción indirecta o compresión diagonal RTI-MA

NTE E.080 MVCS (2017). El siguiente procedimiento se utiliza en las pruebas de laboratorio de esfuerzos mínimo de rotura para determinar la resistencia del muro a tracción indirecta (p. 16):

- La fuerza máxima de resistencia es de 0,25 kgf/cm<sup>2</sup> ó 0,025 MPa.
- Para los muretes a ser ensayados se exige las dimensiones siguientes: 0,65 m x 0,65 m x em de adobe o tapial.
- Después de 28 días de secado, las muestras sometidas a ensayo, deben cumplir el requisito que la media de las cuatro muestras principales (de un total de seis) es mayor o igual a la fuerza máxima establecida anteriormente.

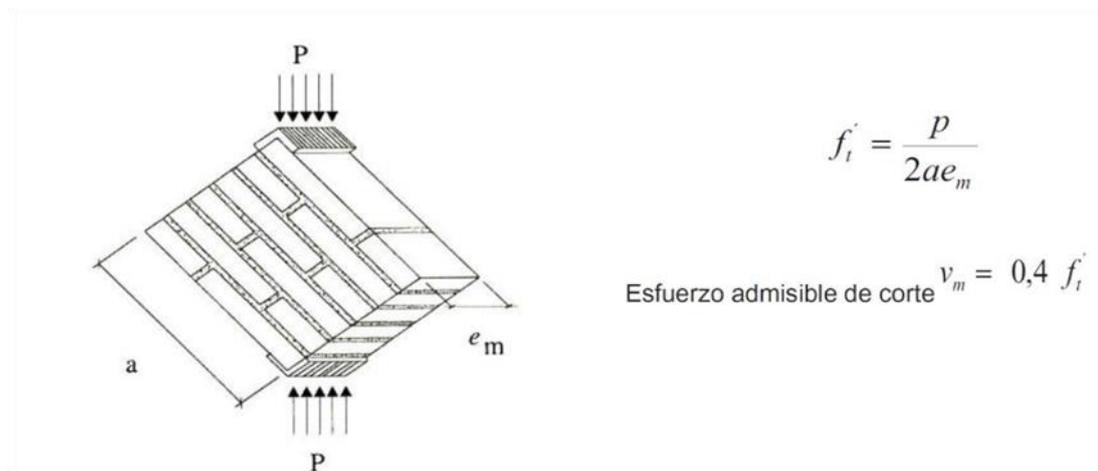


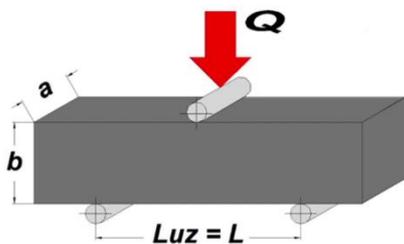
Figura 5. Ensayo de compresión diagonal en muretes de adobe

Fuente. NTE E.080 -MVCS 2017, p.16

## Resistencia del adobe a la flexión RF-UA

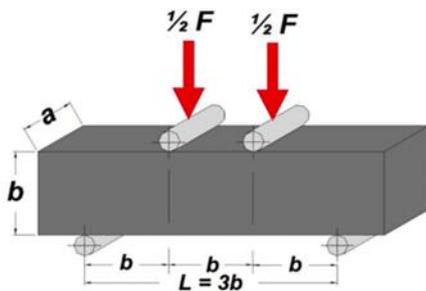
Rodríguez (2010) también se conoce como resistencia a la flexotracción del material y se cuantifica como la relación entre el momento flector (Mf) y el momento resistente del material (W). Este ensayo se realiza con la balanza de Michaelis, se utilizan probetas paralelepípedas de "a" mm de ancho y "b" mm de alto, que se colocan entre dos soportes separados "L" mm y se somete a una carga "Q".

$$\sigma_f = \frac{Mf}{W}, \quad Mf = \frac{Q \times L}{4}, \quad W = \frac{a \times b^2}{6}$$



$$\sigma_f = \frac{3 \times Q \times L}{2 \times a \times b^2} \quad \text{Ec. ... (2)}$$

Figura 6. Resistencia Q del adobe a la flexión RF-UA



$$\sigma_f = \frac{F \times L}{a \times b^2} \quad \text{Ec. ... (3)}$$

Figura 7. Resistencia 1/2 F del adobe a la flexión RF-UA

Donde:

$\sigma_f$	:	Resistencia a la flexión
Mf	:	Momento flector
W	:	Momento resistente
Q	:	Carga
F	:	Carga
L	:	Luz
A	:	Ancho del espécimen
B	:	Alto del espécimen

Para calcular la resistencia a la flexión, se consideró los factores establecidos en la Norma Ecuatoriana INEN 2554 (2011), donde el procedimiento de ensayo es someter una viga simple que está soportada en ambos extremos, es sometida a una carga que se distribuye en tercios en todo el vano libre hasta que la probeta falla. Utilizando el módulo de ruptura y las expresiones proporcionadas en la norma, se mide la resistencia a la flexión. (p. 2)

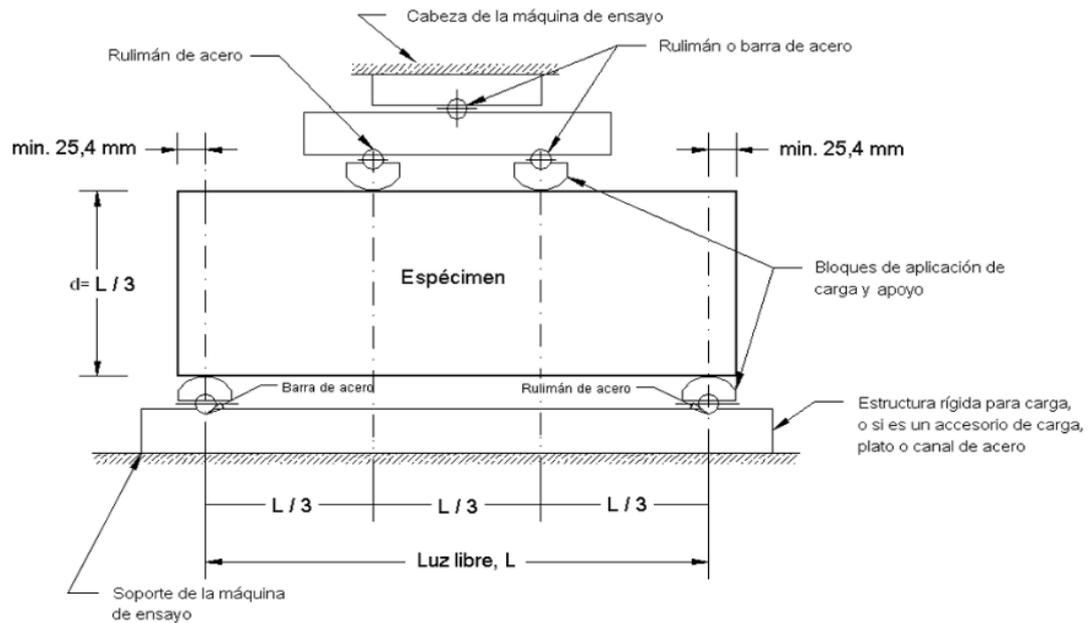


Figura 8. Esquema del ensayo de flexión en el concreto

$$R = \frac{P * L}{b * d^2} \quad \text{Ec. ... (4)}$$

$$R = \frac{3P * a}{b * d^2} \quad \text{Ec. ... (5)}$$

Dónde:

**R** : Módulo de rotura o esfuerzo a flexión (Mpa)

**P** : Fuerza máxima aplicada (N).

**L** : Luz libre (cm.)

**b** : Ancho de la viga de adobe (cm.)

**d** : Altura de la viga de adobe (cm.)

**a** : Distancia media entre la línea de rotura y el apoyo más cercano (cm.)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Método**

De acuerdo a Muñoz (2011), lo define como el resultado de un proceso sistematizado, racional y lógico que combina el razonamiento inductivo y deductivo y que permite acercarnos a la realidad; presenta las características siguientes: puede generalizarse a otros contextos, es variable y tiene como base el experimento y la observación de hechos.

El método de estudio fue el hipotético deductivo, debido a que guio el proceso para poner a prueba la hipótesis planteada, ya que una hipótesis científica debe ser susceptible de ser probada o demostrada. Además, se tuvo en cuenta el método inductivo – deductivo, que ha permitido analizar y describir el fenómeno observado.

##### **3.1.2 Tipo**

Acorde a Oseda et. al (2019), hay dos clasificaciones de investigación: investigación fundamental o pura y la investigación aplicada. El tipo de investigación de acuerdo a su finalidad es aplicado, y por el alcance y medición de la variable es longitudinal. Según el nivel del estudio es experimental

La aplicación práctica de la investigación fue emplear fibras vegetales de raigrás para optimar las propiedades mecánicas de las paredes de adobe. El estudio fue del tipo aplicado utilizando este enfoque.

##### **3.1.3 Nivel**

De acuerdo con Oseda et. al (2019); la investigación explicativa se encuentra en el peldaño más alto del nivel de investigación, mediante

el uso de la relación de causa y efecto, esta investigación tuvo como objetivo proporcionar una explicación de los hechos. Por lo tanto, las investigaciones explicativas emplean pruebas de hipótesis para investigar las causas y los efectos producidos a lo largo de un proceso experimental. El estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de la integración de fibras vegetales en las propiedades mecánicas de muros de adobe; por lo que, con estas consideraciones, el estudio entra dentro del nivel explicativo.

#### **3.1.4 Diseño**

Como Oseda et. al (2019), el diseño establece una organización esquematizada de la investigación, indica cómo se va a realizar una actividad en el proceso de investigación, los tipos de diseño más comunes son: Diseños exploratorios, Diseños descriptivos, Diseños correlacionales, Diseños experimentales.

Los diseños experimentales, están referidos a verdaderos experimentos, donde se asigna aleatoriamente las variables de estudio. En la investigación se manipularon los porcentajes de dosificación de fibra de rye grass (0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%) respecto al tamaño de la fibra, se considera lo establecido en la norma E.080 que indica una longitud de 50 mm; considerando lo descrito, la investigación pertenece al tipo experimental.

### **3.2 Variables y operacionalización**

#### **3.2.1 Variable 1: Fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino FRG-EC**

El Rye grass ecotipo cajamarquino (*Lolium multiflorum* L.), es la especie forrajera más popular para la alimentación del ganado bovino en el departamento de Cajamarca, la planta alcanza una altura de 50 a 60 cm, logra la madurez entre los 50 a 60 días y alcanza rendimientos de 12 a 15 toneladas de forraje verde x hectárea x corte, considerando que al año se puede obtener 5 a 6 cortes. (Villar M., Cuellar J., Valentín S., 2014, pág. 22). La variable independiente,

fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, está determinada por sus dimensiones que corresponden a las características y propiedades del material, como procesamiento de la fibra D1, tamaño de fibra D2 y dosificación de fibra D3.

### **3.2.2 Variable 2: Características mecánicas del muro de adobe**

Las características mecánicas se relacionan con la capacidad de un material para transmitir y soportar fuerzas o deformaciones. Las diferentes características mecánicas de los materiales dependen de las fuerzas externas que actúan sobre ellos. La elasticidad, plasticidad, dureza, resistencia y resiliencia se encuentran entre las cualidades mecánicas de un material. (D. Askeland, 2008).

La variable dependiente, características mecánicas del muro de adobe, se operacionalizó por medio de sus dimensiones que representa los tipos de resistencia. D1: Resistencia a la compresión, D2: Resistencia a la tracción indirecta y D3: Resistencia a la flexión.

### 3.2.3 Operacionalización de variables

Variables	Dimensión Conceptual	Dimensión Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
V1: Fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino FRG-EC	El Rye grass ecotipo cajamarquino ( <i>Lolium multiflorum</i> L.), es la especie forrajera más popular para la alimentación del ganado bovino en el departamento de Cajamarca, alcanza una altura de 50 a 60 cm, logra la madurez entre los 50 a 60 días y alcanza rendimientos de 12 a 15 toneladas de forraje verde x hectárea x corte, considerando que al año se puede obtener 5 a 6 cortes (Villar M., Cuellar J., Valentín S., 2014, p. 22)	La variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, se operacionalizó mediante sus dimensiones que representa las características del material. D1: Tratamiento previo, D2 Longitud y D3: Dosificación. Asimismo, las dimensiones se subdividen indicadores.	D1: Tratamiento previo D2: Longitud  D3: Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Periodo de corte: 50 – 60 días del rebrote.</li> <li>Tipo de secado: directo al sol, reducir H° 15 – 20%</li> <li>Tiempo de secado: 2 a 4 días.</li> <li>50 mm (NTP 080)</li> </ul>	Formatos para recopilación de datos	Intervalo <ul style="list-style-type: none"> <li>0.0% del peso seco unidad</li> <li>0.5% del peso seco unidad</li> <li>1.0% del peso seco unidad</li> <li>1.5% del peso seco unidad</li> <li>2.0% del peso seco unidad</li> </ul>
V2: Comportamiento mecánico de muros de adobe	Las propiedades mecánicas se relacionan con la capacidad de un material para transmitir y soportar fuerzas o deformaciones. Las diferentes características mecánicas de los materiales dependen de las fuerzas externas que actúan sobre ellos. La elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad se encuentran entre las cualidades mecánicas de un material. (D. Askeland, 2008)	La variable características mecánicas del muro de adobe, se operacionalizó mediante sus dimensiones que representa los tipos de resistencia. D1: Resistencia a la compresión, D2: Resistencia a la tracción indirecta y D3: Resistencia a la flexión. A su vez cada dimensión se subdivide en tres indicadores.	D1: Resistencia a la compresión RC-MA  D2: Resistencia a la tracción indirecta RTI-MA  D3: Resistencia a la flexión RF-UA		Formatos para recopilación de datos	Razón <ul style="list-style-type: none"> <li>Carga máxima</li> <li>Longitud</li> <li>Espesor</li> <li>Carga máxima</li> <li>Longitud</li> <li>Espesor</li> <li>Esfuerzo</li> <li>Deformación</li> <li>Altura</li> </ul>

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1 Población**

Como Madero, Arribas & Sastre, (2006), constituye el conjunto de todos los individuos, personas o elementos que se localizan en una región geográfica y en un periodo de tiempo determinado, estos individuos tienen como característica común que son observables (p. 241)

En la investigación, la población estuvo constituido por un total de 445 unidades de adobe, a partir de estas unidades se fabricaron pilas y muretes; en total se fabricaron 20 pilas de adobe para resistencia a la compresión (L=24, A=12, H=38 cm.), 20 muretes de adobe para resistencia a la compresión diagonal o tracción indirecta (62 x 62 cm y A=12 cm) y 20 bloques para resistencia a la flexión (L=40, A=20 y H=10 cm) y adicionalmente se tiene un porcentaje de desperdicio (11%), debido a que durante todo el proceso varias unidades de adobe pueden sufrir daños y tiene que ser reemplazadas.

#### **3.3.2 Muestra**

De acuerdo con Oseda et. al (2019), define muestra como una parte pequeña o sub conjunto de la población, la muestra contiene las particularidades esenciales de la población, lo que hace factible que al trabajar con la muestra los resultados obtenidos se amplíen hacia la población (p. 97).

Siendo la investigación de tipo experimental, se planteó la fabricación de 20 pilas de adobe, 20 muretes de adobe y 20 bloques de adobe; para obtener estas muestras se aplicó una fórmula para determinar la cantidad de unidades utilizada para construir cada una de las unidades muestrales, conforme se describe a continuación:

$$Pilas\ adobe = \frac{\text{Cantidad de unidades de adobe para ensayos de compresión}}{\text{Unidades utilizadas por cada pila}}$$

$$Pilas\ adobe = 80/4 = 20$$

$$Muretes\ adobe = \frac{\text{Cantidad de unidades de adobe para ensayos de tracción directa}}{\text{Unidades utilizadas por cada murete}}$$

$$Muretes\ adobe = 300/15 = 20$$

**Bloques para ensayo de flexión = 20 bloques**

**Tabla 1.** Distribución de cantidad de ensayos a realizar

Dosificación fibra de Rye grass (%)	Resistencia a la compresión (pilas de adobe)	Resistencia a la tracción indirecta (muretes de adobe)	Resistencia a la flexión (unidad de adobe)	Total
0.0	4	4	4	12
0.5	4	4	4	12
1.0	4	4	4	12
1.5	4	4	4	12
2.0	4	4	4	12
Total	20	20	20	60

Nota: Distribución de dosificaciones

### 3.3.3 Muestreo

Conforme a García (2016), el muestreo probabilístico y no probabilístico son las dos formas de muestreo. En el muestreo probabilístico la muestra se elige al azar o en forma aleatoria, donde cada individuo o elemento tiene similar posibilidad de ser seleccionado. En el muestreo no probabilístico el investigador establece juicios y cuotas para realizar el muestreo. (p. 130 al 133)

Para la investigación se consideró el muestreo no probabilístico en donde el investigador escoge las muestras en base a preferencias o criterios que estime convenientes, teniendo en cuenta el objetivo del

estudio, donde se obtuvo las muestras que presentaron mejores características y condiciones para ser elegido dando como resultado resultados más confiables.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnica: Observación directa**

Conforme a Oseda et. al (2019), describe a la observación como la técnica de observar o prestar mucha atención a un fenómeno, evento o caso, recopilar la información y almacenarla para su futuro análisis. La observación directa establece que el investigador está en contacto directo con el objeto o elemento que se está investigando. La observación indirecta es aquella en la que el investigador tiene conocimiento del objeto o elemento que se está investigando por medio de las observaciones realizadas anteriormente por otros investigadores. (p. 101, 102).

En la investigación se empleó la **observación directa**, debido a que se utilizó la observación como principal herramienta para evaluar las variaciones que presentan los muros de adobe al incorporar fibras vegetales.

#### **3.4.2 Instrumento: Ficha de recopilación de datos**

Conforme a Oseda et. al (2019), El fichaje es una técnica de la investigación científica, que consiste en registrar la información obtenida en las fichas, las mismas que han sido elaboradas y validadas previamente, en las cuales se registra la información de la investigación científica, convirtiéndose en un importante auxiliar en este proceso. (p. 106).

La **ficha de recolección de datos**, Se elaboró utilizando las dimensiones e indicadores de cada variable de estudio, los cuales se incluyen como anexo.

### 3.4.3 Validez

Conforme a Oseda et. al (2019), Sostiene que la validez es el nivel o valor de veracidad con el que una herramienta mide la variable que se supone debe medir. (p. 108).

**Tabla 2.** Intervalos de validez

Rangos	Tipo de validez
0,53 amenos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Valida
0,66 a 0,71	Muy valida
0,72 a 0,99	Excelente validez
1,0	Validez perfecta

Fuente: Oseda et. al, 2019, página 109

El instrumento de investigación se validó mediante la opinión de expertos en la materia, quienes son profesionales entendidos del tema, en este caso el índice de validez del instrumento de recopilación de datos obtiene una magnitud excelente validez con un puntaje promedio de 92, conforme se muestra a continuación:

**Tabla 3.** Validez del instrumento, por opinión de especialistas.

N°	Grado Académico	Apellidos y Nombres	DNI	CIP	Puntaje
1	Ingeniero Civil	Segundo Roberto Álvarez Cabrera	26617824	74896	93
2	Ingeniero Civil	Segundo Eduardo Correa Mendoza	26606236	46320	94
3	Ingeniero Civil	Raúl Demóstenes Cabrera Cabanillas	27374166	84737	88
Promedio					92

Fuente. Elaboración propia

### 3.4.4 Confiabilidad

De acuerdo a Ledesma, Molina & Valero, (2002), la confiabilidad se define como el grado de estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos, lo que indica que el uso repetido del instrumento en la misma persona o sujeto produciría resultados similares.

**Tabla 4.** *Intervalos de confiabilidad*

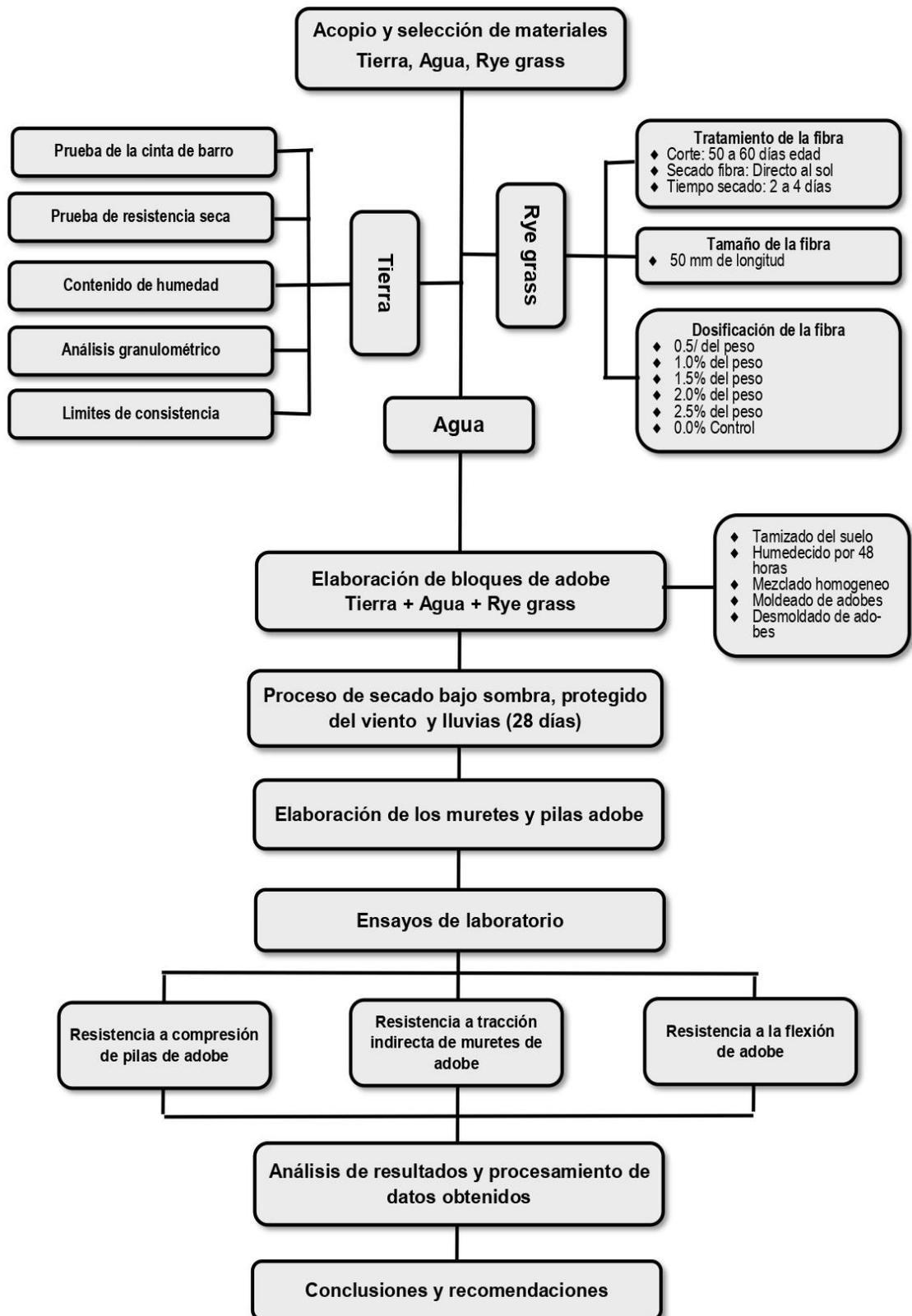
<b>Rangos</b>	<b>Tipo de confiabilidad</b>
0,53 amenos	Confiabilidad nula
0,54 a 0,59	Confiabilidad baja
0,60 a 0,65	Confiable
0,66 a 0,71	Muy confiable
0,72 a 0,99	Excelente confiabilidad
1,0	Confiabilidad perfecta

Fuente: Oseda et. al, 2019, página 109

La confiabilidad no se aplicó a la presente investigación porque el tipo de instrumento no fue un cuestionario.

### 3.5 Procedimiento

Figura 9. Flujograma del procedimiento a seguir



### 3.5.1 Estudios previos

#### 3.5.1.1 Estudios de campo

Se realizo los siguientes ensayos de campo:

- **Prueba de la cinta de barro:** Norma Nacional NTP E.080
- **Prueba de presencia de arcilla:** Norma Nacional NTP E.080

#### 3.5.2 Obtención del material de cantera “tierra”

El material se obtuvo de dos (2) canteras ubicadas en el distrito y provincia de San Pablo, Cajamarca; posteriormente este material paso por pruebas de campo y laboratorio para poder determinar cuál de ellos sería el material óptimo para poder elaborar las muestras a ensayar.

**Tabla 5.** *Ubicación de las canteras*

<b>Nombre</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	<b>Altitud</b>
Los Herrera	739656.08 m E	2350 m.s.n.m
	9212780.48 m S	
Kuntur Wasi	738017.92 m E	2274 m.s.n.m
	9211945.62 m S	

Fuente. Elaboración propia

#### Prueba de cinta de barro

**Tabla 6.** *Resultados de la prueba de cinta de barro*

<b>Cantera</b>	<b>Long. cinta 01 antes de romperse (cm.)</b>	<b>Long. cinta 02 antes de romperse (cm.)</b>	<b>Long. cinta 03 antes de romperse (cm.)</b>	<b>Resultado</b>
Los Herrera	16	15	17	Bueno
Kuntur Wassi	14	13	13	Bueno

Fuente. Elaboración propia

## Prueba de resistencia seca o presencia de arcilla

Tabla 7. Resultados de la prueba presencia de arcilla

Cantera	Esfera 1	Esfera 2	Esfera 3	Esfera 4	Esfera 5	Esfera 6	Res.
Los Herrera	No se fractura	Bueno					
Kuntur Wasi	No se fractura	Bueno					

Fuente. Elaboración propia

### Ensayo de análisis granulométrico (ASTM D 6913)

El propósito es conocer la distribución de tamaños de partículas que conforman una muestra de material; esto nos permite comprender las propiedades y el comportamiento del material, así como su uso en la construcción y otras actividades.

### Ensayo de contenido de humedad (ASTM D 2216)

Permite cuantificar la cantidad de agua que existe en el material; suelo, arena, hormigón, cemento u otros; la prueba mide el porcentaje de agua en peso en relación con el peso seco del material.

### Ensayo de límites de consistencia (ASTM D 4318)

Estos parámetros ayudan a caracterizar las propiedades del suelo y su comportamiento ante la aplicación de cargas y las condiciones de carga.

### 3.5.3 Obtención de la fibra vegetal “Rye grass ecotipo cajamarquino”

#### Recolección de la fibra vegetal

Para la investigación se recolectó el Rye grass del fundo Casa Blanca ubicado en el cercado de la ciudad de San Pablo, a una altitud de 2270 m.s.n.m., el proceso consiste en cortar la pastura

utilizando una hoz, se realiza el corte a la altura del puño de la mano, la edad de la pastura es de 60 días.

### **Deshidratado**

El proceso de deshidratado radicó en reducir el contenido de humedad de la pastura, desde 80% a 85% de humedad hasta alcanzar 10% a 15%, esto se logra exponiendo la pastura al sol, durante periodo de 2 a 4 días, la pastura debe estar colocada en hileras extendidas, haciendo el volteo dos veces al día (mañana y tarde) de tal forma que el sol deshidrate uniformemente las fibras de Rye grass.

### **Cortado y chancado de la fibra**

Esta actividad consistió en triturar manualmente los tallos del rey grass una vez deshidratado, de tal forma que las fibras lignificadas queden expuestas y listas para su utilización; posteriormente se estandariza el tamaño de las fibras a utilizar las que deben tener una longitud de 50 mm. Para esto se utilizó una guillotina cortadora de papel para recortar las fibras a la longitud establecida.



*Figura 10.* Rye grass en diferentes estados

### **3.5.4 Elaboración de las unidades de adobe**

#### **Tamizado de la tierra e incorporación de arena**

La tierra ya tamizada y pesada se mezcla con la arena gruesa previamente pesada, de acuerdo al diseño de mezcla recomendado por el laboratorio; Proporción en volumen 1:1/2 (Tierra: Arena).

#### **Humedecido de la tierra**

Teniendo la tierra ya tamizada y mezclada con arena gruesa (Proporción 1:1/2), se procede a humedecerla y dejarla dormir por un periodo de 48 horas, con el propósito de activar las partículas de arcilla, previo al amasado del barro.

#### **Incorporación de fibras naturales**

En la investigación se determinó el efecto de la incorporación de fibras de RG-EC en cuatro dosificaciones diferentes en relación al peso seco de la unidad de adobe (0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%), para el caso de la muestra control no se consideró la utilización de paja u otra fibra natural (proporción 0%), Vélez (2010).

#### **Moldeo de los adobes**

Luego tener la masa de barro bien batida y mezclada con las fibras, procedemos al moldeo mediante el uso de la adobera, previamente el molde fue sumergido en agua para mantenerlo húmedo, se procede al moldeo de los adobes.

#### **Curado de adobes**

Cumplido los 4 días de fabricados los adobes, se voltea de canto con el fin de obtener un secado uniformemente, el tiempo de curado es de 28 días.

### Dimensiones de unidades o bloques de adobe:

Las unidades de adobe tendrán las siguientes medidas:

Largo: 24 cm.

Ancho: 12 cm.

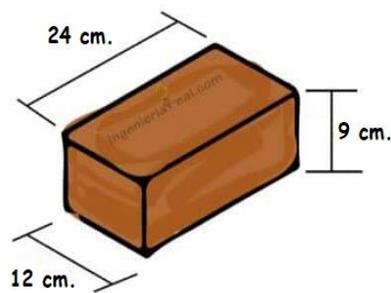
Alto: 9.0 cm.

Asimismo, la viga de adobe tendrá las siguientes dimensiones:

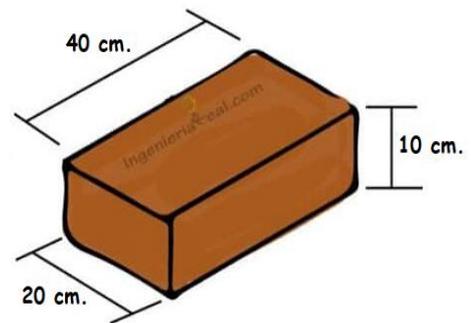
Largo: 40 cm.

Ancho: 20 cm.

Alto: 10 cm.



BLOQUE DE ADOBE



VIGA DE ADOBE

Figura 11. Medidas típicas de elaboración de adobes

### 3.5.5 Fabricación de muretes y pilas de adobe:

Habiendo transcurrido 28 días de curado de los adobes, se realizó la fabricación de los muretes y pilas, para esto se utilizó mortero con fibra de rye grass, en la proporción más adecuada de acuerdo a lo establecido en la norma; las juntas horizontales y verticales tendrán entre 1.5 a 2.0 cm de ancho.

**Pilas de adobe;** de acuerdo a lo especificado en la norma peruana, la altura es 3 veces la menor dimensión de la base:

Largo: 24 cm.

Ancho: 12 cm.

Alto: 38 cm.

**Muretes de adobe;** de acuerdo a lo especificado en la NTP E080, deben medir 62 x 62 cm por lado:

Largo: 62 cm.

Ancho: 12 cm.

Alto: 62 cm.

### 3.5.6 Estudios de laboratorio

- **Ensayo de granulometría:** Norma Internacional ASTM D 6913
- **Ensayo de contenido de humedad:** Norma Internacional ASTM D 2216
- **Ensayo de límites de consistencia:** Norma Internacional ASTM D 4318
- **Ensayo de compresión muretes de adobe:** Norma Nacional NTP E.080
- **Ensayo de tracción indirecta o compresión diagonal:** Norma Nacional NTP E.080
- **Ensayo de flexión:** Norma internacional NTE INEN 2554

## 3.6 Método de análisis de datos

Los datos obtenidos, fueron analizados mediante estadística descriptiva e inferencial, y los resultados se presentaron en forma de gráficos con valores para las características de estudio de cada variable. La información recopilada se procesó mediante Excel y la aplicación SPSS V26.

### 3.6.1 Ensayo de resistencia a la compresión de muros de adobe

#### a) Caracterización del material de cantera (tierra + arena)

El material utilizado corresponde a una mezcla de tierra y arena gruesa de río; la tierra de cantera se obtuvo en el distrito y provincia de San Pablo y la arena de río fue adquirida a un proveedor local. Se utilizó esta mezcla de agregados, debido a que la tierra presentaba un alto contenido de finos (87.1%), fue necesario el diseño de mezcla para

agregados para cumplir con la norma E.080, finalmente se utilizó tierra + arena gruesa en proporción 1:1/2.

**Tabla 8.** *Características del agregado tierra + arena*

<b>Descripción</b>	<b>Características</b>
Material	Tierra para adobe + Arena de río
Límite líquido %	30
Límite plástico %	22
Índice de plasticidad %	9
Finos %	50.5
Arena %	49.5

**b) Caracterización de la fibra vegetal procesada “Rye grass ecotipo cajamarquino (*Lolium multiflorum L.*)”**

Para la investigación se acopió el Rye grass del fundo “Casa Blanca” del distrito y provincia de San Pablo, la fibra vegetal fue sometida a un proceso de deshidratado, mediante exposición al sol, para reducir el contenido de humedad, luego se cortó y trituro manualmente la fibra, para utilizarla en la elaboración de las unidades de adobe.

**Tabla 9.** *Características del Rye grass deshidratado*

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
Longitud de la fibra (mm.)	50
Humedad (%)	8.10 – 10.9
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.5
Espacio poroso (% vol.)	96.5
Ceniza (%)	9.20 – 12.0

Nota: tomado de FEDNA

**c) Diseño de mezclas**

Para el diseño de mezcla, se siguió la recomendación técnica del laboratorio, se utilizó tierra de cantera y arena gruesa de río en proporción de volumen 1:1/2; conforme se muestra a continuación:

**Tabla 10.** Proporción de tierra y arena para la elaboración de adobes

Agregado	Proporción del laboratorio	Cantidades x muestra (kg)	Porcentual
Tierra cantera	1	250	67%
Arena de río	0.5	125	33%
Totales		375	100%

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 11.** Diseño de mezclas para elaboración de adobes con fibras de RG

Ensayos a realizar & Dosificación fibra	Unidad Medida	Peso unidad adobe	Cantidad unidades adobe	Peso tierra + arena	Fibra RG para 1 unidad adobe	Peso total fibra RG
Compresión axial de pilas.		4	20	80	0	0
Tracción indirecta de muros		4	64	256	0	0
Resistencia a la flexión de vigas		8	5	40	0	0
<b>MC-00/ Muestra control</b>	<b>Kg</b>	<b>4.0</b>	<b>89</b>	<b>376</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Compresión axial de pilas.		4	20	80	0.02	0.4
Tracción indirecta de muros		4	64	256	0.02	1.28
Resistencia a la flexión de vigas		8	5	40	0.04	0.2
<b>ME1 0.5 Dosificación fibra 0.5%</b>	<b>Kg</b>	<b>4.0</b>	<b>89</b>	<b>376</b>	<b>0.08</b>	<b>1.88</b>
Compresión axial de pilas.		4	20	80	0.04	0.8
Tracción indirecta de muros		4	64	256	0.04	2.56
Resistencia a la flexión de vigas		8	5	40	0.08	0.4
<b>ME2-1.0 Dosificación fibra 1.0%</b>	<b>Kg</b>	<b>4.0</b>	<b>89</b>	<b>376</b>	<b>0.16</b>	<b>3.76</b>
Compresión axial de pilas.		4	20	80	0.06	1.2
Tracción indirecta de muros		4	64	256	0.06	3.84
Resistencia a la flexión de vigas		8	5	40	0.12	0.6
<b>ME3-1.5 Dosificación fibra 1.5%</b>	<b>Kg</b>	<b>4.0</b>	<b>89</b>	<b>376</b>	<b>0.24</b>	<b>5.64</b>
Compresión axial de pilas.		4	20	80	0.08	1.6
Tracción indirecta de muros		4	64	256	0.08	5.12
Resistencia a la flexión de vigas		8	5	40	0.16	0.8
<b>ME4-2.0 Dosificación Fibra 2.0%</b>	<b>Kg</b>	<b>4.0</b>	<b>89</b>	<b>376</b>	<b>0.32</b>	<b>7.52</b>
<b>Totales (Unidad / Kg)</b>			<b>445</b>	<b>1880</b>		<b>18.80</b>

**Tabla 12.** Descripción de la simbología

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
MC-00	Muestra control; con 0% de fibra
ME1-0.5	Muestra experimental 1; con 0.5% fibra RG
ME2-1.0	Muestra experimental 2; con 1.0% fibra RG
ME3-1.5	Muestra experimental 3; con 1.5% fibra RG
ME4-2.0	Muestra experimental 4; con 2.0% fibra RG

Fuente. Elaboración propia

**Tabla 13.** Cantidad de adobes a elaborar de acuerdo a la dosificación de fibra

<b>Tipo</b>	<b>Dosificación de fibra de Rye grass</b>					<b>Totales</b>
	<b>0.0%</b>	<b>0.5%</b>	<b>1.0%</b>	<b>1.5%</b>	<b>2.0%</b>	
Adobes	72	72	72	72	72	360
1/2 Adobe	24	24	24	24	24	120
Vigas	5	5	5	5	5	25
Totales	89	89	89	89	89	445

Fuente. Elaboración propia

**d) Curado de muestras**

Las muestras tuvieron un tiempo de **curado de 28 días**, conforme a lo establecido en el Norma E080

**e) Preparación de muestras para ensayos**

Se consiguió preparar en total **20 muestras**. Las que fueron elaboradas el 1/08/2023

**f) Ensayos de compresión de pilas de adobe**

Se realizó el 26/09/2023 con un tiempo transcurrido de 56 días.

**Tabla 14. Ensayo de compresión de pilas de adobe**

Muestra	Ancho (cm)	Longitud (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga rotura (kgf)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo NTP E.080	Esfuerzo
<b>MC-00/ Muestra Control 0%</b>							
1	11.5	23.6	271.4	1570	5.78	6.12	94.52%
2	11.2	23.3	260.96	1540	5.9	6.12	96.43%
3	11.4	23.5	267.9	1600	5.97	6.12	97.59%
4	11.5	23.2	266.8	1220	4.57	6.12	74.72%
Sumatoria			1067.06	5930	22.23		
Promedio			266.765	1482.5	5.56		
<b>ME1-0.5/ Muestra Experimental 1 - 0.5% fibra RG</b>							
1	11.4	23.7	270.18	1760	6.51	6.12	106.44%
2	11.5	23.5	270.25	1620	5.99	6.12	97.95%
3	11.7	23.5	274.95	1420	5.16	6.12	84.39%
4	11.6	23.4	271.44	1780	6.56	6.12	107.15%
Sumatoria			1086.82	6580	24.23		
Promedio			271.705	1645	6.06		
<b>ME2-1.0/ Muestra Experimental 2 - 1.0% fibra RG</b>							
1	11.2	23.5	263.2	1770	6.72	6.12	109.88%
2	11.5	23.5	270.25	1680	6.22	6.12	101.58%
3	11.3	23.5	265.55	1680	6.33	6.12	103.37%
4	11.4	23.5	267.9	1750	6.53	6.12	106.74%
Sumatoria			1066.9	6880	25.8		
Promedio			266.725	1720	6.45		
<b>ME3-1.5/ Muestra Experimental 3 - 1.5% fibra RG</b>							
1	11.5	23.5	270.25	1600	5.92	6.12	96.74%
2	11.6	23.6	273.76	1690	6.17	6.12	100.87%
3	11.7	23.5	274.95	1700	6.18	6.12	101.03%
4	11.6	23.5	272.6	1720	6.31	6.12	103.10%
Sumatoria			1091.56	6710	24.59		
Promedio			272.89	1677.5	6.15		
<b>ME4-2.0/ Muestra Experimental 4 - 2.0% fibra RG</b>							
1	11.7	24	280.8	1320	4.7	6.12	76.81%
2	11.6	24	278.4	1180	4.24	6.12	69.26%
3	11.7	23.7	277.29	1300	4.69	6.12	76.61%
4	11.7	23.9	279.63	1260	4.51	6.12	73.63%
Sumatoria			1116.12	5060	18.13		
Promedio			279.03	1265	4.53		

Fuente. Elaboración propia

### 3.6.2 Ensayo de resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe

Tabla 15. Ensayo de tracción indirecta de muretes de adobe

Muestra	Espesor (cm)	Longitud Diagonal (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga rotura (kgf)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo NTP E.080	Esfuerzo
<b>MC-00/ Muestra Control 0%</b>							
1	11.8	87	1026.6	150	0.15	0.25	58.45%
2	11.5	86.5	994.75	180	0.18	0.25	72.38%
3	11.3	86	971.8	170	0.17	0.25	69.97%
4	11.8	86	1014.8	200	0.2	0.25	78.83%
Sumatoria			4007.95	700	0.7		
Promedio			1001.99	175	0.17		
<b>ME1-0.5/ Muestra Experimental 1 - 0.5% fibra RG</b>							
1	11.7	86	1006.2	240	0.24	0.25	95.41%
2	11.6	86.5	1003.4	220	0.22	0.25	87.70%
3	12	87	1044	200	0.19	0.25	76.63%
4	11.5	86	989	220	0.22	0.25	88.98%
Sumatoria			4042.6	880	0.87		
Promedio			1010.65	220	0.22		
<b>ME2-1.0/ Muestra Experimental 2 - 1.0% fibra RG</b>							
1	11.6	86.6	1004.56	280	0.28	0.25	111.49%
2	11.7	86.5	1012.05	300	0.3	0.25	118.57%
3	12	86	1032	300	0.29	0.25	116.28%
4	11.8	86.5	1020.7	270	0.26	0.25	105.81%
Sumatoria			4069.31	1150	1.13		
Promedio			1017.33	288	0.28		
<b>ME3-1.5/ Muestra Experimental 3 - 1.5% fibra RG</b>							
1	11.7	87	1017.9	280	0.28	0.25	110.03%
2	11.5	87	1000.5	240	0.24	0.25	95.95%
3	11.8	86	1014.8	260	0.26	0.25	102.48%
4	12	86.5	1038	260	0.25	0.25	100.19%
Sumatoria			4071.2	1040	1.02		
Promedio			1017.8	260	0.26		
<b>ME4-2.0/ Muestra Experimental 4 - 2.0% fibra RG</b>							
1	11.8	87	1026.6	200	0.19	0.25	77.93%
2	12	86.5	1038	220	0.21	0.25	84.78%
3	11.6	86	997.6	230	0.23	0.25	92.22%
4	11.5	86	989	200	0.2	0.25	80.89%
Sumatoria			4051.2	850	0.84		
Promedio			1012.8	213	0.21		

Fuente. Elaboración propia

### 3.6.3 Ensayo de resistencia a la flexión de vigas de adobe

Tabla 16. Ensayo de flexión de vigas de adobe a los 30 días

Muestra	Luz libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Carga rotura (kgf)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo NTP E.080
<b>MC-00/ Muestra Control 0%</b>						
1	30	19.67	9.87	156	2.44	n.d.
2	30	20.27	9.47	178	2.94	n.d.
3	30	20.37	9.37	155	2.6	n.d.
4	30	19.83	10.33	160	2.27	n.d.
Sumatoria	120	80.14	39.04	650	10.26	
Promedio	30	20.035	9.76	162	2.56	
<b>ME1-0.5/ Muestra Experimental 1 - 0.5% fibra RG</b>						
1	30	19.6	10.4	186	2.63	n.d.
2	30	19.7	10.23	174	2.54	n.d.
3	30	19.73	10.13	173	2.57	n.d.
4	30	19.43	10	180	2.79	n.d.
Sumatoria	120	78.46	40.76	714	10.52	
Promedio	30	19.615	10.19	178	2.63	
<b>ME2-1.0/ Muestra Experimental 2 - 1.0% fibra RG</b>						
1	30	19.57	10.53	217	3	n.d.
2	30	20.03	10	168	2.52	n.d.
3	30	19.67	10.23	170	2.48	n.d.
4	30	19.6	10.4	193	2.73	n.d.
Sumatoria	120	78.87	41.16	748	10.73	
Promedio	30	19.7175	10.29	187	2.68	
<b>ME3-1.5/ Muestra Experimental 3 - 1.5% fibra RG</b>						
1	30	19.9	9.7	248	3.97	n.d.
2	30	19.9	9.73	219	3.49	n.d.
3	30	19.83	10.43	316	4.4	n.d.
4	30	19.93	10.2	272	3.94	n.d.
Sumatoria	120	79.56	40.06	1055	15.8	
Promedio	30	19.89	10.02	264	3.95	
<b>ME4-2.0/ Muestra Experimental 4 - 2.0% fibra RG</b>						
1	30	19.57	10.17	382	5.67	n.d.
2	30	19.7	9.57	357	5.93	n.d.
3	30	19.63	10.37	261	3.71	n.d.
4	30	19.6	10.67	255	3.43	n.d.
Sumatoria	120	78.5	40.78	1255	18.74	
Promedio	30	19.625	10.2	314	4.68	

Fuente. Elaboración propia

### 3.6.4 Conducta mecánica de los muros de adobe.

Tabla 17. Resumen del comportamiento mecánico de los muros de adobe

Código	Resistencia a la compresión axial (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción indirecta (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la flexión (kgf/cm <sup>2</sup> )
MC-00	5.56	0.17	2.56
ME1-0.5	6.06	0.22	2.63
ME2-1.0	6.45	0.28	2.68
ME3-1.5	6.15	0.26	3.95
ME4-2.0	4.53	0.21	4.68

Fuente. Elaboración propia

### 3.7 Aspectos éticos

**Honestidad;** la investigación muestra con total transparencia los resultados encontrados, de tal forma que es factible replicar y corroborar los resultados en nuevos estudios que se puedan realizar; asimismo se ha tenido especial cuidado en el respeto de los derechos de propiedad intelectual que han sido referidos en la presente investigación, para esto han sido citados adecuadamente.

**Rigor científico;** durante el proceso de investigación se ha seguido un proceso metodológico estandarizado (flujograma de procesos, fichas de recolección de datos, software SPSS), de esta manera se garantiza la calidad de los datos obtenidos, así mismo para el procesamiento de los resultados se utilizó herramientas confiables.

**Competencia profesional;** la redacción de la investigación se ha desarrollado con adecuados estándares de calidad, de tal forma que reflejan los datos obtenidos en los diferentes ensayos; de esta manera la publicación de la investigación es un documento único e inédito.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultados de ensayos del material de cantera (tierra + arena)

#### Análisis granulométrico del suelo

- Limite líquido: 30%
- Límite plástico 22%
- Índice de plasticidad: 9%

#### Contenido de humedad

- Humedad del suelo: 21.75%

#### Clasificación del material de cantera

- Clasificación ASSHTO: SC – Arena arcillosa
- Clasificación SUCS:

### 4.2 Resultados de los ensayos de laboratorio

#### 4.2.1 Resultados de la resistencia a la compresión de muros de adobe

**Tabla 18.** Compresión de pilas de adobe reforzados con fibras de Rye grass

N° Muestras	Esfuerzo (kgf/cm <sup>2</sup> )				
	MC-00	ME1-0.5	ME2-1.0	ME3-1.5	ME4-2.0
1	5.78	6.51	6.72	5.92	4.70
2	5.90	5.99	6.22	6.17	4.24
3	5.97	5.16	6.33	6.18	4.69
4	4.57	6.56	6.53	6.31	4.51
Suma	22.23	24.23	25.80	24.59	18.13
Promedio	5.56	6.06	6.45	6.15	4.53
% Fibra RG	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0

Fuente. Elaboración propia

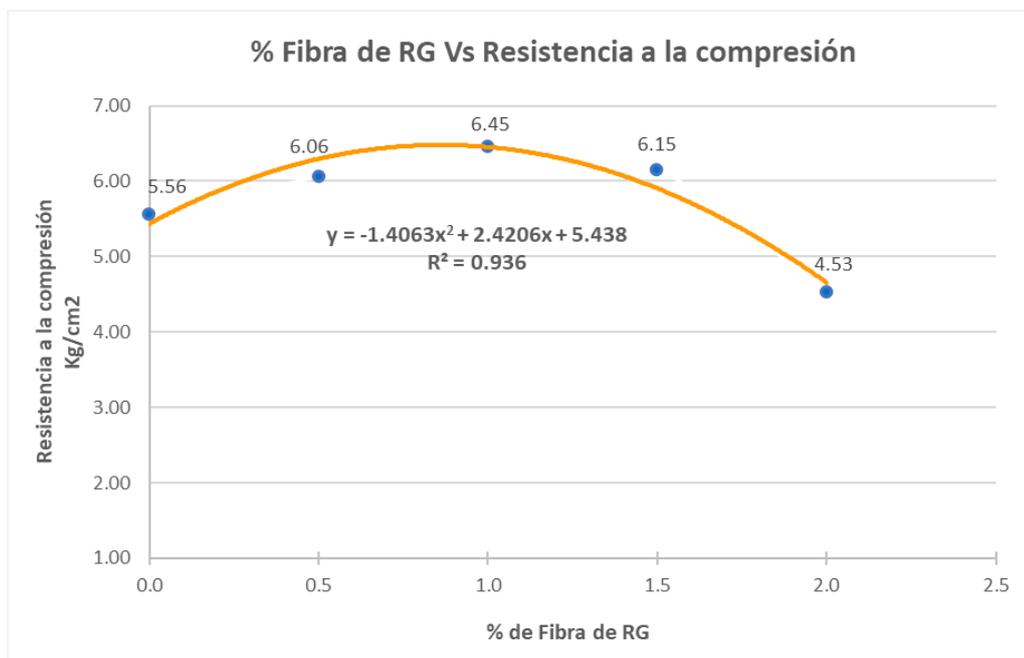


Figura 12. Resistencia a la compresión de pilas de adobe con fibras RG

En la tabla 18 y la figura 12, se observó que la resistencia a la compresión de pilas de adobe reforzado con rye grass en dosis de 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% oscila desde 5.56, 6.06, 6.45, 6.15 y 4.53 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. Asimismo, el mayor esfuerzo alcanzado fue de 6.45 kgf/cm<sup>2</sup> para una dosificación de 1.0% de fibra de rye grass; para dosificaciones mayores la resistencia tiende a disminuir.

#### 4.2.2 Resultado de la resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe

Tabla 19. Tracción indirecta de muretes de adobe reforzados con fibras de RG

N° Muestras	ESFUERZO (kgf/cm <sup>2</sup> )				
	MC-00	ME1-0.5	ME2-1.0	ME3-1.5	ME4-2.0
1	0.15	0.24	0.28	0.28	0.19
2	0.18	0.22	0.30	0.24	0.21
3	0.17	0.19	0.29	0.26	0.23
4	0.20	0.22	0.26	0.25	0.20
Suma	0.70	0.87	1.13	1.02	0.84
Promedio	0.17	0.22	0.28	0.26	0.21
% Fibra RG	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0

Fuente. Elaboración propia

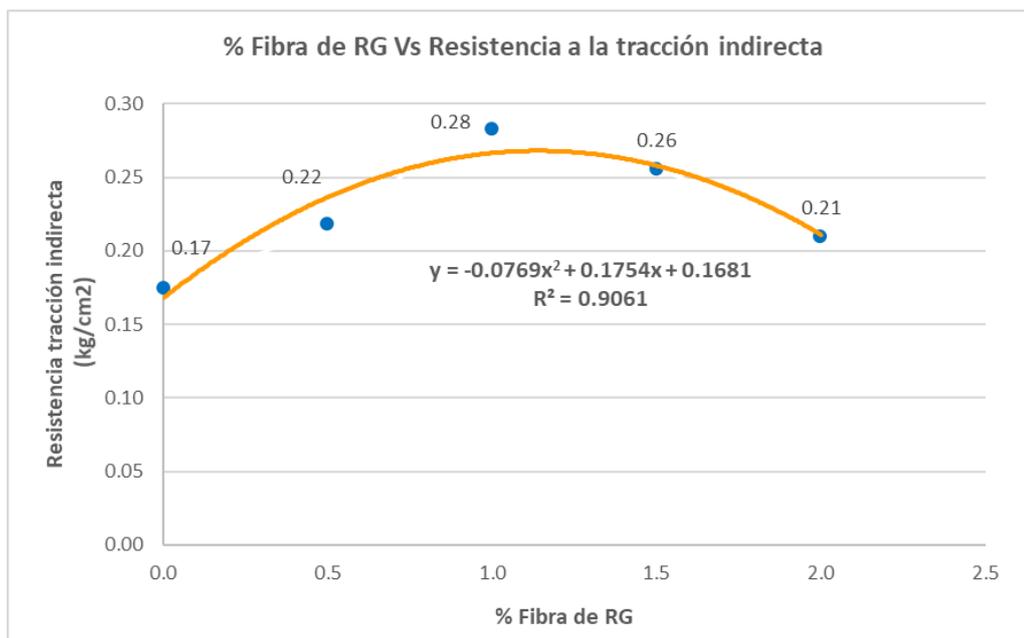


Figura 13. Variación de la tracción indirecta de muretes de adobe

En la tabla 19 y la figura 13, se observó que el esfuerzo a la tracción indirecta de muretes de adobe reforzado con rye grass en dosis de 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% oscila entre 0.17, 0.22, 0.28, 0.26 y 0.21 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. Asimismo, el mayor esfuerzo alcanzado fue de 0.28 kgf/cm<sup>2</sup>, con una dosificación de 1.0% de fibra de rye grass; para dosificaciones mayores la resistencia tiende a disminuir.

#### 4.2.3 Resultado de la resistencia a la flexión de vigas de adobe.

Tabla 20. Flexión de vigas de adobe reforzados con fibras de Rye grass

N° Muestras	ESFUERZO (kgf/cm <sup>2</sup> )				
	MC-00	ME1-0.5	ME2-1.0	ME3-1.5	ME4-2.0
1	2.44	2.63	3.00	3.97	5.67
2	2.94	2.54	2.52	3.49	5.93
3	2.60	2.57	2.48	4.40	3.71
4	2.27	2.79	2.73	3.94	3.43
Suma	10.26	10.52	10.73	15.80	18.74
Promedio	2.56	2.63	2.68	3.95	4.68
% Fibra RG	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0

Fuente. Elaboración propia

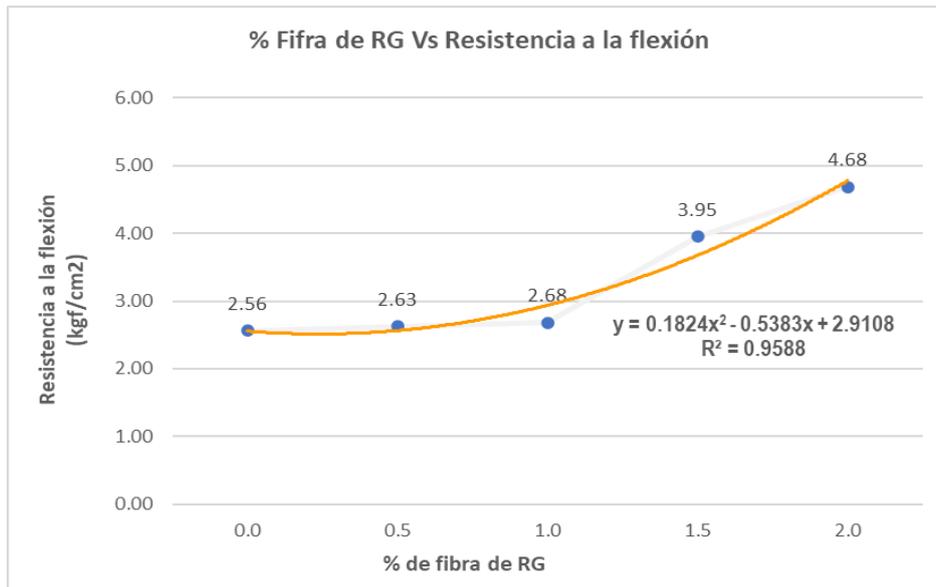


Figura 14. Variación de la flexión de vigas de adobe con fibras RG-EC

En la tabla 20 y la figura 14, se observó que la resistencia a la flexión de vigas de adobe reforzado con rye grass en dosis de 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% oscila entre 2.56, 2.63, 2.68, 3.95 y 4.68 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. Asimismo, el mayor esfuerzo fue de 4.68 kgf/cm<sup>2</sup>, con una dosificación de 2.0% de rye grass, se demostró que una dosis mayor de fibra incrementa el esfuerzo a la flexión.

#### 4.3 Contraste de hipótesis

Se utilizó IBM SPSS Statistics para el análisis estadístico, a continuación, se muestran los siguientes resultados:

##### Contrastación de hipótesis específica 01 - HE01

##### Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad con el propósito de conocer la distribución de los resultados obtenidos, se empleó la prueba estadística de Shapiro-Wilk (analizamos 20 datos).

**Tabla 21.** Prueba de normalidad de HE01

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadist.	gl	Sig	Estadist.	gl	Sig
<b>Dosific. Fibra RG</b>	.115	20	.200	.896	20	.035
<b>Resist. Compresión</b>	.226	20	.009	.866	20	.010

**Se concluye** que  $p < 0.05$ , nos muestra que los datos analizados, no tienen una distribución normal; corresponde aplicar una prueba no paramétrica; se utilizó la prueba de correlación RHO de Spearman.

### Planteamiento de hipótesis

Ho: La variable resistencia a la compresión de muros de adobe no está relacionada con la variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.

Ha: La variable resistencia a la compresión de muros de adobe si está relacionada con la variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.

**Tabla 22.** Correlación de Rho de Spearman de HE01

Correlaciones		<b>Dosificación Fibra RG</b>	<b>Resist. Compresión</b>
<b>Dosificación fibra RG</b>	Coeficiente correlación	1.00	-.221
	Sig.	-	.350
	N	20	20
<b>Resistencia compresión pilas adobe</b>	Coeficiente correlación	-.221	1.000
	Sig.	.350	-
	N	20	20

### Conclusión:

No existe correlación entre la variable fibras de rye gras ecotipo Cajamarca y la resistencia a la compresión de los muros de adobe ya que  $p > 0.05$  no nos lleva a rechazar el Ho.

## Contrastación de hipótesis específica 02 – HE02

### Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad con el propósito de conocer la distribución de los resultados obtenidos, se empleó la prueba estadística de Shapiro-Wilk (analizamos 20 datos).

**Tabla 23.** Prueba de normalidad de HE02

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadist.	gl	Sig	Estadist.	gl	Sig
<b>Dosific. Fibra RG</b>	.155	20	.200	.896	20	.035
<b>Resist. tracción indirecta</b>	.096	20	.200	.976	20	.872

**Se concluye:**  $p < 0,05$  nos muestra que los datos analizados, no tienen una distribución normal; corresponde aplicar una prueba no paramétrica; se utilizó la prueba de correlación RHO de Spearman.

### Planteamiento de hipótesis

Ho: La variable resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe no está relacionada con la variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.

Ha: La variable resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe sí está relacionada con la variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.

**Tabla 24. Correlación de Rho de Spearman de HE02**

Correlaciones		Dosificación Fibra RG	Resist. Tracción
<b>Dosificación fibra RG</b>	Coeficiente correlación	1.00	.359
	Sig.	-	.120
	N	20	20
<b>Resist. Tracción indirecta muros</b>	Coeficiente correlación	.359	1.000
	Sig.	.120	-
	N	20	20

### Conclusión

No existe correlación entre la variable fibras de rye gras ecotipo Cajamarca y la resistencia a la tracción indirecta de los muros de adobe ya que  $p > 0.05$  no nos lleva a rechazar el  $H_0$ .

### Contrastación de hipótesis específica 03 – HE03

#### Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad con el propósito de conocer la distribución de los resultados obtenidos, se empleó la prueba estadística de Shapiro-Wilk (analizamos 20 datos).

**Tabla 25. Prueba de normalidad HE03**

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadist.	gl	Sig	Estadist.	gl	Sig
<b>Dosific. Fibra RG</b>	.155	20	.200	.896	20	.035
<b>Resist. flexión vigas</b>	.214	20	.017	.815	20	.001

**Se concluye:**  $p < 0,05$  nos muestra que los datos analizados, no tienen una distribución normal; corresponde aplicar una prueba no paramétrica; se utilizó la prueba de correlación RHO de Spearman.

### Planteamiento de hipótesis

Ho: La variable resistencia a la flexión de vigas de adobe no está relacionada con la variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.

Ha: La variable resistencia a la flexión de vigas de adobe si está relacionada a la variable fibras de Rye grass ecotipo.

**Tabla 26.** Correlación de Rho de Spearman HE03

Correlaciones		Dosificación Fibra RG	Resist. Flexión
<b>Dosificación fibra RG</b>	Coeficiente correlación	1.000	.785
	Sig.	-	<.001
	N	20	20
<b>Resist. flexión vigas adobe</b>	Coeficiente correlación	.785	1.000
	Sig.	<.001	-
	N	20	20

### Conclusión

Se concluyó con un nivel de confianza de 95%, que existe un alto vínculo entre las fibras de rye grass ecotipo y la resistencia a la flexión de las vigas de adobe porque  $p < 0.05$  nos lleva a rechazar el Ho y aceptar la Ha.

### Hipótesis general

Tomando en consideración el análisis estadístico descrito anteriormente, se concluyó que la adición de fibras de rye grass ecotipo cajamarquino en la matriz de tierra, **no influyen en el comportamiento mecánico de los muros de adobe**; ya que solamente se evidencia una relación alta entre resistencia a la flexión y la variable fibras de rye grass.

## V. DISCUSIÓN

**Discusión 1:** Para el primer objetivo, calcular el cambio en la resistencia a la compresión de muros de adobe reforzado con rye grass ecotipo cajamarquino.

Los resultados del ensayo de compresión axial de pilas de adobe reforzado con rye grass en dosis de 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% varía desde 5.56, 6.06, 6.45, 6.15 y 4.53 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. La resistencia máxima conseguida fue de 6.45 kgf/cm<sup>2</sup>, para una dosificación de 1.0% de fibra de rye grass, para dosificaciones mayores la resistencia tiende a disminuir, asimismo la menor resistencia a la compresión de las pilas de adobe corresponde a la ME4 con 2% de dosificación de fibra. De acuerdo al análisis estadístico Rho de Spearman, el p-valor ( $p=0.35>0.05$ ), se concluye, que no existe vínculo estadístico entre la variable compresión para muros de adobe y la variable de fibra de rye grass.

Tomando en consideración, lo reportado por **Olubisi I., Humphrey D. (2021)**, en su investigación incorporo fibras de pseudotallo de plátano en dosificaciones de 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75 y 1%, obteniendo resultados de resistencia a compresión de adobes reforzados 1.18, 1.58, 1.70, 1.76 y 1.61 MPa. Para **Puma (2022)** en su investigación utilizo paja de cebada en dosificaciones de 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%, obteniendo los resultados siguientes: 5.30, 5.70, 6.40, 6.26 y 6.0 kg/cm<sup>2</sup>. Está claro que los hallazgos de este estudio respaldan los de Puma (2022) y Olubisi I., Humphrey D. (2021), quienes informaron hallazgos de que la mayor resistencia se logró con una dosis del 1,0% en primera instancia y una dosis del 0,75% en el segundo. Estas referencias se alinean con los hallazgos de este estudio, que encontró que la mayor resistencia se logró con una dosis del 1,0 %, en línea con los hallazgos de Puma (2022). De manera similar, una parte de los hallazgos del estudio cumplen con los requisitos de resistencia especificados en la norma E080 (6,45 y 6,15 kg/cm<sup>2</sup>).

**Discusión 2:** En cuanto al segundo objetivo, estimar la variación de la resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.

Los ensayos de resistencia a la tracción indirecta de muretes de adobe reforzado con fibras de rye grass en dosis de 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% varía desde 0.17, 0.22, 0.28, 0.26 y 0.21 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. La resistencia máxima conseguida fue de 0.28 kgf/cm<sup>2</sup> para una dosificación de 1.0% de fibra de rye grass, para dosificaciones mayores la resistencia tiende a disminuir, asimismo la menor resistencia a la tracción indirecta de pilas de adobe corresponde a la muestra control. Conforme al análisis estadístico Rho de Spearman, el p-valor ( $p=0.12>0.05$ ), se concluye, que no existe vínculo estadístico entre la variable tracción indirecta para muros de adobe y la variable de fibra de rye grass.

Teniendo en cuenta lo reportado por **Chambi y Itusaca (2022)** en su investigación donde incorporan fibra de cañihua a la matriz de tierra en tres dosificaciones diferentes: 0%, 0.5%, 1.0%, 2.0% obtuvo los siguientes resultados de resistencia a la compresión diagonal de muros de adobe: 0.31, 0.37, 0.62 y 0.38 Kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, **Puma (2022)** en su investigación utilizó paja de cebada en cuatro dosificaciones diferentes: 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%, logrando los siguientes resultados: 0.12, 0.21, 0.29, 0.27 y 0.22 kg/cm<sup>2</sup>. Los hallazgos de esta investigación se alinean claramente con los de Puma (2022) y Chambi e Itusaca (2022); en el primero, la resistencia óptima se logra con una dosis del 1,5%, y en el segundo, la resistencia óptima se logra con una dosis del 1,0%. Estos hallazgos son consistentes con los hallazgos de esta investigación, que encontró que la mayor resistencia se logró con una dosis del 1,0%, que es comparable a la reportada por Chambi e Itusaca (2022). De manera similar, una parte de los hallazgos del estudio cumplen con los requisitos de resistencia exigida en la norma E080 (0,28 y 0,26 kg/cm<sup>2</sup>).

**Discusión 3:** Respecto al tercer objetivo, cuantificar la variación de la resistencia a la flexión del adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023.

Respecto al ensayo de esfuerzo a la flexión de vigas de adobe reforzado con fibras de rye grass en dosis de 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% varía desde 2.56, 2.63, 2.68, 3.95 y 4.68 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. La resistencia máxima conseguida fue de 4.68 kgf/cm<sup>2</sup>, para una dosificación de 2.0% de fibra de rye grass, a medida que la dosificación de fibra se incrementa también lo hace el esfuerzo a la flexión. Respecto al análisis estadístico, el p-valor es ( $p=0.001<0.05$ ), se concluye, que estadísticamente existe relación positiva alta entre la variable esfuerzo a la flexión de adobes y la variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.

Asimismo, de acuerdo a lo reportado por **Eslami A., Mohammadi H., Mirabi H. (2022)**, en su investigación incorpora cinco (5) dosificaciones de fibra de palma 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1%, con longitudes entre 10 a 60 mm, obteniendo los siguientes resultados en el ensayo de flexión: 0.55, 0.84, 0.99, 1.08 y 1.12 MPa. Asimismo, **Chambi y Itusaca (2022)** en su investigación utilizaron fibra de cañihua en tres dosificaciones diferentes: 0%, 0.5%, 1.0% y 2.0%, obteniendo los siguientes resultados: 11.16, 13.40, 15.23 y 18.88 kg/cm<sup>2</sup>. Se evidencia que los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los antecedentes revisados, como es el caso de **Eslami A., Mohammadi H., Mirabi H. (2022)** y también con **Chambi y Itusaca (2022)**, ambos casos muestran un aumento constante en la resistencia a la flexión a medida que aumenta la dosis de fibra. En el primer caso, la mayor resistencia se logra con una dosis del 1%, y en el segundo caso, la mayor resistencia logrado con una dosis del 2 %, ambos antecedentes están en línea con los datos recopilados en la investigación actual, donde se logró la mayor resistencia con una dosis del 2 %, similar a lo informado por Chambi e Itusaca (2022) y Eslami A., Mohammadi H., Mirabi H. (2022).

**Discusión 4:** En cuanto al objetivo general, determinar el comportamiento mecánico de muros de adobe reforzados con fibras de rye grass ecotipo Cajamarca.

Respecto a los resultados de la investigación de adobe reforzado con fibras de rye grass, con cuatro dosificaciones diferentes: 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%,

para el caso de los ensayos compresión de pilas y tracción indirecta de muretes, podemos afirmar que se evidencia el incremento de la resistencia, observándose un ligero incremento con la dosificación 0.5% y alcanzándose las mayores resistencias con la dosificación de 1.0% y decayendo con dosificaciones mayores; por el contrario para el caso del esfuerzo a la flexión del adobe se evidencia que a medida que se incrementa la dosificación de fibra de rye grass el esfuerzo a la flexión continua incrementándose, alcanzándose la mayor resistencia con la dosificación de 2.0% de fibra.

Según Olubisi I., Humphrey D. (2021), en su investigación incorporo fibras de pseudotallo de plátano a la matriz de tierra en cinco (5) dosificaciones de 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75 y 1%, encuentra que la óptima resistencia a la compresión de la unidad de adobe se logra con la dosis de 0.75% de fibra de pseudotallo de plátano. Asimismo, para **Masco (2022)**, en su investigación que incorpora fibras de alpaca y avena en la matriz de tierra en cuatro dosis diferentes: 0%, 0.5%, 1.0% 1.5% y 2.0%, encuentra que la mejor resistencia a la compresión de pilas se alcanza con 1.0% de fibras, también la mejor resistencia la tracción indirecta del murete de adobe se alcanza con 1.5% de fibra. Por su lado **Puma (2022)**, en su investigación adiciona paja de cebada a la matriz de tierra en cuatro dosis diferentes: 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%, encuentra que la mejor resistencia a la compresión de pilas de adobe se alcanza con 1.5% de fibra, asimismo la mejor resistencia a la compresión diagonal de muretes se alcanza con 1.0% de fibra de cebada. Finalmente, **Chambi y Itusaca (2022)** en su investigación incorpora fibra de cañihua a la matriz de tierra en tres dosis diferentes: 0%, 0.5%, 1.0% y 2.0%, encuentra que la mejor resistencia a la compresión de pilas de adobe se alcanzó con 0.5% de fibra, asimismo la mejor resistencia a la compresión diagonal de muretes de adobe se logró con 1.0% de fibra, finalmente la mejor resistencia a la flexión del adobe se obtuvo con 2.0% de fibra. **Según Eslami A., Mohammadi H., Mirabi H. (2022)**, utilizaron fibras de palma como refuerzo de adobe, en cinco dosificaciones (0, 0.25, 0.5, 0.75 y 1%), la longitud de la fibra es entre 10 a 60 mm, encontraron que la resistencia a la compresión óptima se logra con 0.25% de fibra; asimismo el esfuerzo a la flexión óptimo se alcanzó con 1%, de fibra de palma.

Respecto a las características mecánicas del adobe reforzado con fibra de rye grass, se evidencia un incremento de la resistencia en comparación a la muestra control, asimismo los mejores resultados de compresión y tracción indirecta de muros de adobe se alcanzan con la adición de 1.0% de fibra de rye grass, observándose una reducción en la resistencia al incrementarse la dosificación de fibra; por el contrario en el caso de la resistencia a la flexión del adobe se evidencia que mientras la dosificación de fibra se incrementa igualmente la resistencia a la flexión continua incrementándose, alcanzándose la mayor resistencia con la dosificación de 2.0% de fibra. De esta forma los resultados son concordantes por los reportados por Puma (2022), que indica que la mejor resistencia a la compresión se alcanza al incorporar 1.5% y 1.0% de fibra; en el mismo sentido Altamirano (2019) manifiesta que al adicionar 0.8% de fibra mejora la resistencia mecánica de los muros de adobe; igualmente para Olubisi I., Humphrey D. (2021), quienes manifiestan que el resultado más óptimo de resistencia a la compresión se logró con la dosificación de 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano; asimismo Eslami A., Mohammadi H., Mirabi H. (2022), concluyen que la resistencia a la flexión óptima se logró con el mayor porcentaje de dosificación de fibras de palma (1%).

## VI. CONCLUSIONES

**Conclusión 1:** Se obtuvieron resistencias de alcorno resistencias de 5.56, 6.06, 6.45, 6.15 y 4.53 kgf/cm<sup>2</sup> mediante esfuerzos de compresión en pilas de adobe reforzado con fibras de rye grass en dosis de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2% respectivamente. Cabe precisar que ciertas muestras satisfacen el requisito de resistencia mínima del estándar E.080, también se evidencian incrementos de 16.1% y 10.6% con adiciones de 1% y 1.5% respecto a la muestra control, en tanto para dosificaciones menores de fibra, se evidencia una tendencia creciente, pero no alcanzan la resistencia exigida por la norma y para dosificaciones mayores a 1% tiende a disminuir. Estadísticamente no existe relación entre esfuerzo a la compresión de muros y la variable fibras de rye grass ( $p=0.35>0.05$ )

**Conclusión 2:** Se obtuvieron resistencias de 0.17, 0.22, 0.28, 0.26 y 0.21 kgf/cm<sup>2</sup> mediante esfuerzos de tracción indirecta de muros de adobe reforzados con fibras de rye grass en dosis de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. %, respectivamente. Cabe señalar que ciertas muestras satisfacen el requisito de resistencia mínima del estándar E.080, también se evidencian incrementos de 61.7% y 46.1% con adiciones de 1% y 1.5% respecto a la muestra control, en tanto para dosificaciones menores de fibra (0.5%) se evidencia una tendencia creciente, pero no alcanzan la resistencia exigida por la norma y para dosificaciones mayores a 1.5% la resistencia tiende a disminuir. Estadísticamente no existe relación entre esfuerzo a la tracción indirecta de muros y la variable fibras de rye grass ( $p=0.12>0.05$ ).

**Conclusión 3:** Las resistencias de 2,56, 2,63, 2,68, 3,95 y 4,68 kgf/cm<sup>2</sup> se alcanzaron mediante la tensión de flexión de unidades de adobe reforzadas con fibras de rye grass en dosis de 0%, 0,5%, 1%, 1,5% y 2%, respectivamente. La resistencia máxima (4,68 kgf/cm<sup>2</sup>), se observó con una dosis de 2% de fibra de rye grass; se ha observado un vínculo claro entre una mayor dosis de fibra y una mayor resistencia a la flexión, es decir mientras la dosificación de fibra se incrementa también se incrementa el esfuerzo a la flexión. Estadísticamente con un 99% de confianza que existe relación positiva alta entre la resistencia a

la flexión de vigas de adobe y la variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino. Estadísticamente existe relación positiva alta entre la variable esfuerzo a la flexión de adobes y la variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino ( $p=0.001<0.05$ ).

**Conclusión 4:** Los muros de adobe reforzados con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino presentan un mejor comportamiento mecánico, con dosificaciones de 1% y 1.5%, con longitud de fibra de 50 mm.

**Conclusión 5:** Los hallazgos del trabajo de investigación, muestran que utilizar fibra de Rye gras ecotipo Cajamarquino en lugar de paja de trigo, ichu o cebada para la producción de adobes es un sustituto factible y viable.

## VII. RECOMENDACIONES

- **Recomendación 1:** Se recomienda continuar realizando más ensayos para corroborar y estandarizar los resultados reportados de la incidencia de la incorporación de fibras de rye grass ecotipo cajamarquino en la conducta mecánica de los muros de adobe.
- **Recomendación 2:** Realizar pruebas para determinar el efecto de la incorporación de fibra de raigrás sobre el esfuerzo de tracción de la unidad de adobe.
- **Recomendación 3:** Realizar estudios para determinar el impacto de la integración de fibras de rye grass ecotipo Cajamarquino en la resistencia a la tracción del mortero.
- **Recomendación 4:** Utilizar el esfuerzo de compresión admisible del murete  $f'_m=6.45 \text{ kg/cm}^2$  para diseñar viviendas de adobe, cuando se utilice material de canteras del distrito de San Pablo que cumplan con las características de gradación similares a la investigación.
- **Recomendación 5:** Utilizar la fibra de rye grass ecotipo Cajamarca en adobes típicos en concentraciones de 1% y 1.5%, ya que estas concentraciones proporcionaron la mejor resistencia.

## VIII. REFERENCIAS

- ABOLFAZL ESLAMI, et al. Fiber as a natural reinforcement for improving the properties of traditional adobe bricks [en línea]. 28 March 2022 Revista. Construction and Building Materials [en línea] 2022 [fecha de consulta: 12 de diciembre del 2023] ISSN 0950-0618. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822004962>
- ALTAMIRANO, O. (2019) Incidencia de la fibra vegetal paja ichu en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca (tesis de post grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- ARAYA, Letelier et al. Experimental evaluation of adobe mixtures reinforced with jute fibers. Scopus [en línea]. 22 de marzo de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820341301?via=ihub>
- BARBERO, M., FLORES, N. (2018), Evaluación del comportamiento de tres variedades de agujas de pino como refuerzo natural del adobe. Universidad Autónoma de México, México.
- CEGARRA, Sanchez. Metodología de La Investigacion Cientifica y Tecnologica. Diaz de Santos, 2005. ISBN 9788479786243.
- CHAMBI, C. y ITUSACA, D. (2022), Comportamiento mecánico de muros de adobe con adición de fibra de Cañihua, Puno 2022 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- CHAMBILLA, Ch. y LIMACHI, C. (2023), Mejoramiento del adobe para incrementar su resistencia mecánica mediante incorporación de fibra de totorilla en la localidad de Yunguyo – Puno (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- COLBERT BABÉ., Et al. Effect of neem (Azadirachta Indica) fibers on mechanical, thermal and durability properties of adobe bricks [en línea]. 30 May 2021, 686-698 [fecha de consulta: 2 de enero de 2024]. ISSN 2352-4847. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721005503>

- DELGADO CONTRERAS, Genaro. Resistencia de Materiales. Lima - Perú, 2010.
- FÉLIX JOVÉ-SANDOVAL, M., et al. Assessment of the mechanical performance of three varieties of pine needles as natural reinforcement of adobe [en línea]. 30 October 2018, Pages 205-213 [fecha de consulta: 2 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818318592>
- G. ARAYA-LETELIER, F.C., et al. Experimental evaluation of adobe mixtures reinforced with jute fibers [en línea]. 22 March 2021, 122127 [fecha de consulta: 12 de diciembre del 2023]. ISSN 0950-0618. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820341301>
- GARCIA LUIZAGA, Juan Jhony y Mario VARGAS LEDESMA. Material de apoyo didáctico de la enseñanza aprendizaje en la asignatura de Resistencia de Materiales I. Cochabamba - Bolivia, mayo de 2007.
- GILLET, Michel. Las gramíneas forrajeras. Descripción, funcionamiento, aplicaciones al cultivo de la hierba. Traducido del Frances por Carmen ALZUETA. España: Acribia, 1989.
- INEI, Instituto Nacional De Estadística E. Informática. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. <https://www.gob.pe/inei> [en línea]. 1 de octubre de 2018. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN:2554:2011, Hormigón de cemento hidráulico, determinación de la resistencia a la flexión del hormigón (utilizando una viga simple con carga en los tercios). Quito – Ecuador, 2011.
- KAFODYA, I., & PANOS KLOUKINAS, O. (2019). Role of fiber inclusion in adobe masonry construction. *Journal of Building Engineering*, 26(100904), 11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100904>.

KURDO, Abdulla, Cunningham LEE y Gillie MARTIN. Experimental study on the mechanical properties of straw fiber-reinforced adobe masonry. Scopus [en línea]. 1 de noviembre de 2020 [consultado el 4 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/deref/https://www.research.manchester.ac.uk/portal/en/publications/experimental-study-on-the-mechanical-properties-of-strawfibre-reinforced-adobe-masonry\(495173a0-42ed-47f2-af2d-37f913738dd2\).html](https://www.researchgate.net/deref/https://www.research.manchester.ac.uk/portal/en/publications/experimental-study-on-the-mechanical-properties-of-strawfibre-reinforced-adobe-masonry(495173a0-42ed-47f2-af2d-37f913738dd2).html)

LAURA QUISPE, Carlos David. Diccionario de Metodología de la Investigación Científica. Arequipa - Perú: Publicia, 2016. ISBN 978-3-639-64990-1.

LARA, L., & BUSTAMANTE, R. (2022). Caracterización y Patología de los Muros de Tierra de las Construcciones Andinas Ecuatorianas. Revista Politécnica, 49(2), 10. doi:<https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.04>

MARWAN, Mostafa y Uddin NASIM. Análisis experimental de Bloque de Tierra Comprimida (CEB) con fibras de banano que resisten fuerzas de flexión y compresión. Scopus [en línea]. 5 de diciembre de 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509516300420?via=ihub>

MASCO, N. (2022) Análisis comparativo de propiedades en muros de adobe reforzado con fibra de alpaca y avena en C.P Pucachupa, Puno-2022 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2017 NTE E.080, Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Lima - Perú: El Peruano

MIRANDA, Francis y Julio TERRONES. Conservación de pastos y forrajes cultivados en el Altiplano. Lima - Perú: Instituto Nacional De Investigacion Agraria - INIA, febrero de 2002. Serie. Folleto R.I. N° 01.

NAPAN DE LA CRUZ, J. A. (2021). Evaluación de la resistencia del adobe reforzado con fibra de pelo de maíz para viviendas, Cañete – 2021 [Tesis de

- Posgrado, Universidad Privada Cesar Vallejo ]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/80772>
- OLUBISI IGE y HUMPHREY DANSO. Physico-mechanical and thermal gravimetric analysis of adobe masonry units reinforced with plantain pseudo-stem fibres for sustainable construction [en línea]. 2021. [fecha de consulta: 12 de diciembre del 2023]. ISSN 0950-0618. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820336904>
- OSEDA GAGO, Dulio et al. Teoría y Práctica de la Investigación Científica. Huancayo - Perú: Soluciones Graficas, 2019. ISBN 978-612-48130-1-6.
- PINO TARRAGÓ, Julio et al. Resistencia de materiales para ingeniería civil [en línea]. Editorial Científica 3Ciencias, 2018 [consultado el 16 de junio de 2023]. ISBN 9788494825712. Disponible en: [doi:10.17993/ingytec.2018.26](https://doi.org/10.17993/ingytec.2018.26)
- POLANCO MADRAZO., et al. Materiales de Construcción, Propiedades mecánicas. España, abril de 2018. Serie N° 01.
- Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU – HABITAT), La nueva agenda urbana. Nairobi GPO – Kenya, 2020. ISBN 978-92-1-132869-1.
- PUMA, Y. (2022), Propiedades físicas y mecánicas en muros de albañilería de adobe adicionado con paja de cebada, distrito de Juliaca, Puno 2022 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- RAMAKRISHNAN et al. (2021). Adobe blocks reinforced with natural fibres: A review. *Materialstoday: Proceedings*, 45(7), 6493-6499. [doi:10.1016/j.matpr.2020.11.377](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.377)
- RIVAS, R. (2020). Uso de fibra de vidrio en la fabricación de adobe: Caracterización mecánica del nuevo material. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/8754>
- RODRÍGUEZ, & SOLÍS. (2020). Hacia una metodología para la caracterización experimental del comportamiento a compresión de la mampostería de adobe. *Informes de la Construcción*, 72(557), 332. [doi:10.3989/ic.67456](https://doi.org/10.3989/ic.67456)

- SALAZAR TRUJILLO, Jorge Eduardo. Resistencia de Materiales Básica para Estudiantes de Ingeniería. Colombia, 2007. ISBN 978-958-8280-08-0.
- SERRANO, Susana, Camila BARRENECHE y Luisa CABEZA. Uso de subproductos como aditivos en adobes: Caracterización de propiedades mecánicas. Scopus [en línea]. 1 de abril de 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816300435>
- SICCHA, J. (2018). Resistencia de adobe con adición de 4%, 6% y 8% de ceniza de coronta de maíz, Centro Poblado Vinzos - Santa. Universidad San Pedro.
- UNIVERSIDAD DE VALLADOLID, Área de Mecánica de Medios Continuos y. Teoría de Estructuras. Resistencia de Materiales, apuntes para una breve introducción. Valladolid - España, 2011.
- VALENZUELA INGA, A. et al. Sustainable Blocks Reinforced with Agave americana L. Fiber and Its Mechanical Properties.[en línea]. Revista Civil Engineering and Architecture, 2023, 2072 - 2086,
- VARGAS NEUMANN, Julio, Daniel TORREALVA y Marcial BLONDET. Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con geomallas Zona de la sierra. Lima - Perú: Universidad Católica del Perú, 2007. ISBN 978-9972-42-838-8.
- VASQUEZ VASQUEZ, L. (2021). Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019, [ Tesis de pregrado, Universidad Privada Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/28243>
- VILLAR CABEZA, Miguel Ángel, José Eloy CUÉLLAR BAUTISTA y Susan Lisbeth VALENTÍN CASTAÑEDA. Valoración técnica, económica y ambiental de tres sistemas de silvopasturas, en la región Cajamarca. Lima - Perú: Instituto Nacional De Investigación Agraria - INIA, 2014.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

TITULO: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO, CAJAMARCA 2023.

AUTOR: REVILLA VARGAS VÍCTOR HUGO

VARIABLES	DIMENSIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO/ ITEM	ESCALA
V1: Fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.	El Rye grass ecotipo cajamarquino ( <i>Lolium multiflorum</i> L.), es la especie forrajera más popular para la alimentación del ganado bovino en el departamento de Cajamarca, la planta alcanza una altura de 50 a 60 cm, logra la madurez entre los 50 a 60 días y alcanza rendimientos de 12 a 15 toneladas de forraje verde x hectárea x corte, considerando que al año se puede obtener 5 a 6 cortes (Villar M., Cuellar J., Valentín S., 2014, pág. 22)	La variable fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, se operacionaliza mediante sus dimensiones que representa las características del material. D1: Tratamiento previo, D2 Longitud y D3: Dosificación. A su vez cada dimensión se subdivide en tres indicadores.	D1: Tratamiento previo  D2: Longitud  D3: Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodo de corte: 50 – 60 días edad.</li> <li>• Tipo de secado: Directo al sol,</li> <li>• Tiempo de secado: 2 a 4 días.</li> <li>• 50 mm</li> <li>• 0% del peso</li> <li>• 0.5% del peso</li> <li>• 1.0% del peso</li> <li>• 1.5% del peso</li> <li>• 2.0% del peso</li> </ul>	Formatos para recopilación de datos	Intervalo
V2: Comportamiento mecánico de muros de adobe	Las propiedades mecánicas se relacionan con la capacidad de un material para transmitir y soportar fuerzas o deformaciones. Las diferentes características mecánicas de los materiales dependen de las fuerzas externas que actúan sobre ellos. La elasticidad, plasticidad, ductilidad, y dureza, se encuentran entre las cualidades mecánicas de un material. (D. Askeland, 2008)	La variable características mecánicas del muro de adobe, se operacionaliza mediante sus dimensiones que representa los tipos de resistencia. D1: Resistencia a la compresión, D2: Resistencia a la tracción indirecta y D3: Resistencia a la flexión. A su vez cada dimensión se subdivide en tres indicadores.	D1: Resistencia a la compresión  D2: Resistencia a la tracción indirecta.  D3: Resistencia a la flexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga máxima</li> <li>• Longitud</li> <li>• Ancho</li> <li>• Carga máxima</li> <li>• Longitud diagonal</li> <li>• Ancho</li> <li>• Esfuerzo</li> <li>• Luz libre</li> <li>• Ancho</li> <li>• Altura</li> </ul>	Formatos para recopilación de datos	Razón

## Anexo 2. Matriz de consistencia

TITULO: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO, CAJAMARCA 2023.

AUTOR: REVILLA VARGAS VÍCTOR HUGO

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cuánto cambia el comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Determinar el cambio del comportamiento mecánico de los muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b> El comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, varía significativamente.</p>	<p>V1: Fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino.</p>	<p>D1: Tratamiento previo</p> <p>D2: Longitud</p> <p>D3: Dosificación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Periodo de corte: 50 - 60 días de edad.</li> <li>Tipo de secado: Directo al sol</li> <li>Tiempo secado: 2 a 4 días.</li> <li>50 mm</li> <li>0.5% del peso</li> <li>1.0% del peso</li> <li>1.5% del peso</li> <li>2.0% del peso</li> <li>0% del peso</li> </ul>	<p><b>Método de investigación:</b> científico</p> <p><b>Tipo investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de la investigación:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b> Experimental</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b></p> <p>¿Como cambia la resistencia a la compresión de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023?</p> <p>¿Cuánto varía la resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023?</p> <p>¿Cuánto cambia la resistencia a la flexión del adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</b></p> <p>Calcular el cambio de la resistencia a la compresión de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023.</p> <p>Estimar la variación de la resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023.</p> <p>Cuantificar la variación de la resistencia a la flexión del adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS:</b></p> <p>La resistencia a la compresión de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, cambia considerablemente.</p> <p>La resistencia a la tracción indirecta de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, varía significativamente.</p> <p>La resistencia a la flexión del adobe reforzado con fibras de Rye grass ecotipo cajamarquino, varía moderadamente.</p>	<p>V2: Comportamiento mecánicas del muro de adobe</p>	<p>D1: Resistencia a la compresión</p> <p>D2: Resistencia a la tracción indirecta.</p> <p>D3: Resistencia a la flexión</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carga máxima</li> <li>Longitud</li> <li>Ancho</li> <li>Carga máxima</li> <li>Longitud diagonal</li> <li>Ancho</li> <li>Esfuerzo</li> <li>Luz libre</li> <li>Ancho</li> <li>Altura</li> </ul>	<p><b>Población:</b> 445 unidades de adobe.</p> <p><b>Muestra:</b> 60 muestras (20 Compresión, 20 Tracción indirecta, 20 Flexión)</p> <p><b>Muestreo:</b> No probabilístico</p>

### Anexo 3. Validación del instrumento de recolección de datos

#### FICHA DE VALIDACIÓN INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO

##### DATOS GENERALES

##### 1.1 Título de la investigación:

Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023

##### 1.2 Nombre de los instrumentos motivo de evaluación:

Ficha de recopilación de datos

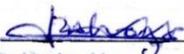
		ASPECTOS DE VALIDACIÓN																			
		Muy Deficiente				Deficiente				Regular				Buena				Muy Buena			
Indicadores	Criterios	0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado																			X	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables																				X
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																	X			
4. Organización	Existe una organización lógica																			X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																			X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																				X
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos																			X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores																	X			
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																			X	
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																				X

Promedio de valoración:

93

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombres y apellidos:	Segundo Roberto Alvarez Cabrera	DNI N°	26617824
Dirección domiciliaria:	Jr. Silva Santiesteban 1261 -Caj	Teléfono/ Celular	976697238
Grado académico:	Maestría		
Mención:	Ingeniero Civil CIP 74896		

  
 Ing. S. Roberto Alvarez Cabrera  
 REG. CIR. 74896

**FICHA DE VALIDACIÓN  
INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO**

**DATOS GENERALES**

**1.1 Título de la investigación:**

Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023

**1.2 Nombre de los instrumentos motivo de evaluación:**

Ficha de recopilación de datos

Indicadores		ASPECTOS DE VALIDACIÓN																								
		Muy Deficiente					Deficiente					Regular					Buena					Muy Buena				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96					
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100							
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado																			X						
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables																		X							
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																		X							
4. Organización	Existe una organización lógica																		X							
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																	X								
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																	X								
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos																		X							
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores																			X						
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																		X							
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																		X							

Promedio de valoración:

94

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombres y apellidos:	Segundo Eduardo Correa Mendoza	DNI N°	26606236
Dirección domiciliaria:	Av. Hoxas Rubio 1164 - Cajamarca	Teléfono/ Celular	916728323
Grado académico:	Titulado		
Mención:	Ingeniero Civil CIP 46320		

  
 Segundo E. Correa Mendoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 46320

**FICHA DE VALIDACIÓN  
INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO**

**DATOS GENERALES**

**1.1 Título de la investigación:**

Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023

**1.2 Nombre de los instrumentos motivo de evaluación:**

Ficha de recopilación de datos

		ASPECTOS DE VALIDACIÓN																				
Indicadores	Criterios	Muy Deficiente				Deficiente				Regular				Buena				Muy Buena				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado																				X	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables																				X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																					X
4. Organización	Existe una organización lógica																					X
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																					X
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos																				X	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores																		X			
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																				X	
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																				X	

Promedio de valoración:

88

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombres y apellidos:	Raúl Demosthenes Cabrera Cabanillas	DNI N°	27374166
Dirección domiciliaria:	Jr. El Maestro N° 382 - Cajamarca	Teléfono/ Celular	976606257
Grado académico:	titulado		
Mención:	Ingeniero Civil CIP 84737		

  
 Raúl Demosthenes Cabrera Cabanillas  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 84737

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Título de la investigación:** Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de rye grass ecotipo cajamarquino, Cajamarca 2023

**Tesista:** Víctor Hugo Revilla Vargas

### I INFORMACIÓN GENERAL

UBICACIÓN	Provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca		
Distrito	San Pablo	Altitud	2250 m.s.n.m.
Provincia	San Pablo	Latitud	
Departamento	Cajamarca	Longitud	

### II TRATAMIENTO DE LA FIBRA

Aprovechamiento de la fibra: El periodo de corte del rye grass se realiza entre los 50 a 60 días de edad de la pastura.  
 Deshidratado de la fibra: Consiste en exponer las fibras al sol directo, durante un tiempo de 3 a 4 días

### III LONGITUD DE LA FIBRA

Las fibras de rye grass fueron cortadas a una longitud de 50 mm, teniendo en consideración lo establecido en la normativa E.080

### IV DOSIFICACIÓN

Se utilizó cuatro dosificaciones diferentes para la fibra de rye grass (0.5%, 1%, 1.5% y 2%) y adicionalmente una muestra control con 0% de fibra de rye grass

### V RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Las pilas de adobe reforzados con fibras de rye grass, serán sometidas a ensayos de resistencia a la compresión, se registraran los datos obtenidos, para su posterior sistematización:

Area (cm <sup>2</sup> )	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Carga máxima (kg-f)
Fecha fabricación del especimen		Fecha de ensayo	

### VI RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

Los muretes de adobe reforzados con fibras de rye grass, serán sometidas a ensayos de resistencia a la tracción indirecta, se registraran los datos obtenidos, para su posterior sistematización:

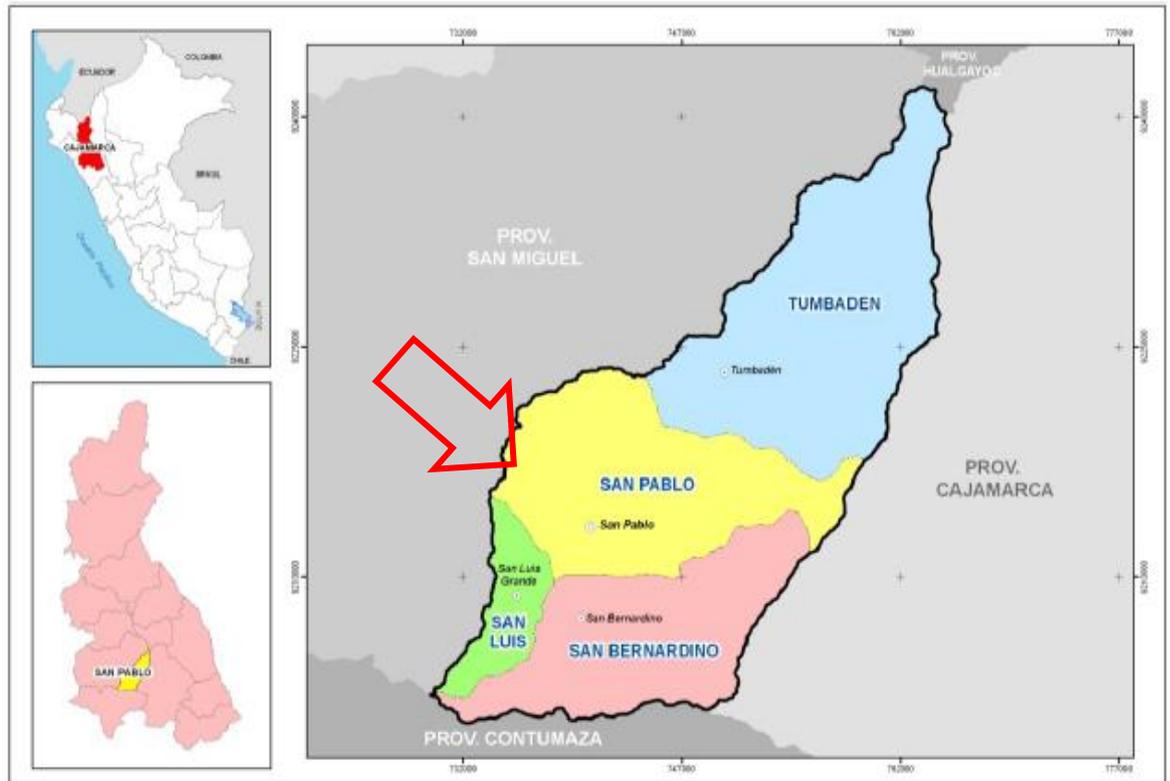
Long. Diagonal (cm)	espesor (cm)	Carga máxima (kg-f)
Fecha fabricación del especimen		Fecha de ensayo

### VII RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Los bloques de adobe reforzados con fibras de rye grass, serán sometidas a ensayos de resistencia a la flexión, se registraran los datos obtenidos, para su posterior sistematización:

Luz libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Carga máxima (kg-f)
Fecha fabricación del especimen		Fecha de ensayo	

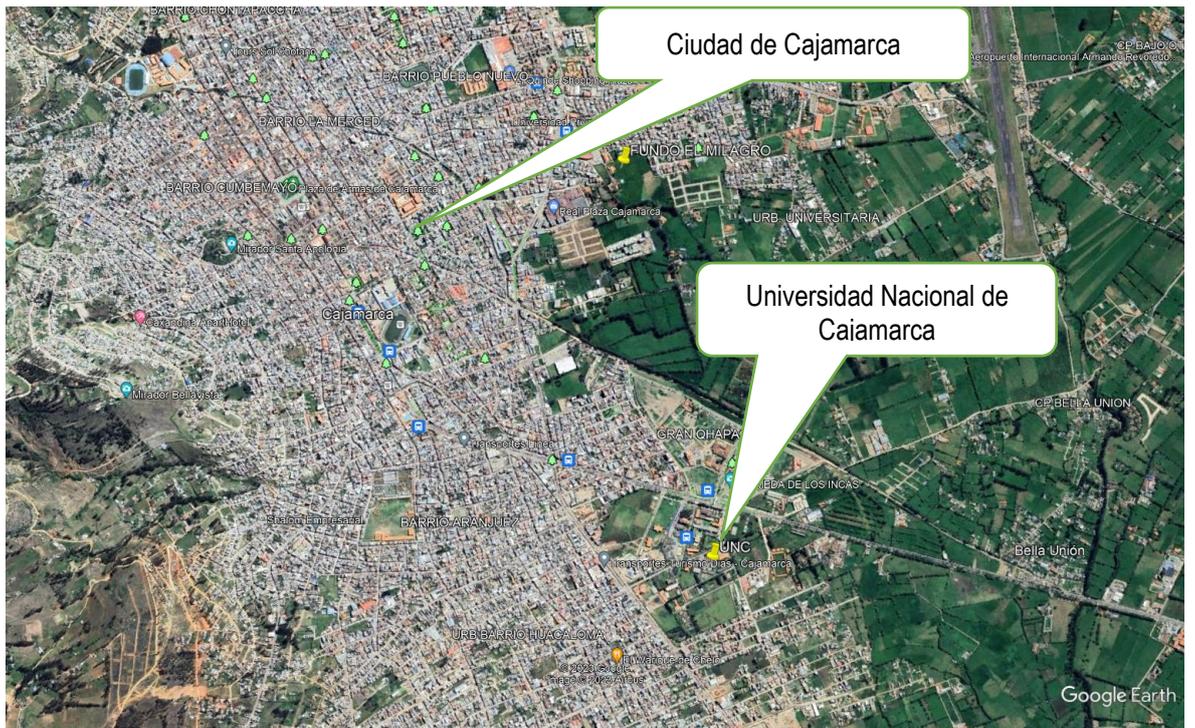
#### Anexo 4. Macro localización de la zona del proyecto



#### Anexo 5. Ubicación de la zona del proyecto



## Anexo 6. Ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca - UNC



## Anexo 7. Ubicación del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNC



**Anexo 8.** Ensayos de granulometría, humedad y límites de consistencia

**CANTERA 01  
LOS HERRERAS**

  
NORMA ELIZABETH MORI LINARES  
Ingeniera Civil  
Reg. CIP. N° 312437



**GEOMECANICA Y SERVICIOS  
DE INGENIERIA E.I.R.L**

INDECOPI N° 00068979-2011  
GEOTECNIA-SUELOS-CONCRETO-PAVIMENTOS-  
CONTROL DE CALIDAD  
RUC: 20491782049

Proyecto :	"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"			
Solicitante :	DACIL VICTOR HUO REVILLA VAROÁ (ORCID: 0009-0004-3664-1867)	Fecha muestreo:	3/08/2023	
Ubicación :	DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA		Profundidad (m) :	-
Descripción:	CANTEIRA 01 LOS HERRERAS		Muestreo :	EL SOLICITANTE
Material :	TIERRA PARA ADOBE		Progrativa :	-
Coordenada:	Este: -	Norte: -	Cota: -	Calicata : C1

**CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM D 2216 / 4643)**

Código de Documento:	N° de Revisión:	Fecha de Revisión:	Página:	1 de 1
MUESTRA		HUMEDAD GLOBAL		
Recipiente N°		H-16		
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	401.6		
Recipiente + Suelo seco	gr.	334.5		
Peso del Agua.	gr.	67.1		
Peso del Recipiente	gr.	31.4		
Peso del Suelo Seco	gr.	303.1		
% de Humedad	%	22.1		
% de Humedad Promedio		22.14		

NORMA-ELIZABETH MORI LINARES  
Ingeniera Civil  
Reg. CIP. N° 312437



**GEOMECANICA Y SERVICIOS  
DE INGENIERIA E.I.R.L.**

INDECOPI N° 00068979-2011  
GEOTECNIA-SUELOS-CONCRETO-PAVIMENTOS  
CONTROL DE CALIDAD  
RUC: 20491782049

Proyecto : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"

Solicitante : BACH. VICTOR HUGO REVILLA VARGAS (ORCID: 0009 0004 5364 3967) Fecha muestreo: A/DK/2023

Ubicación : DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA Profundidad (m) : -

Descripción : CANTERA 01 LOS HERRERAS Muestreo : EL SOLICITANTE

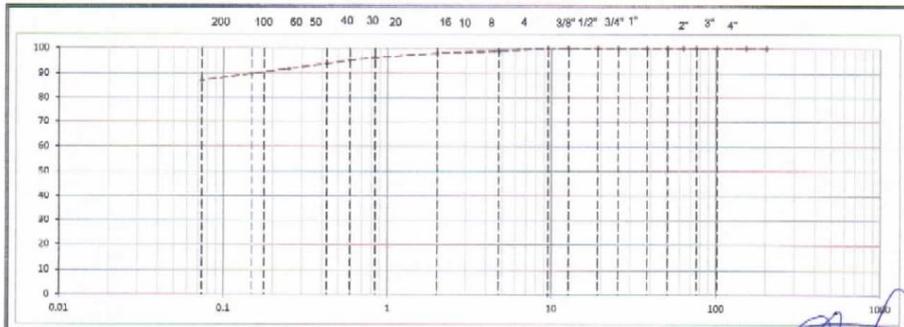
Material : TIERRA PARA ADOBE Progresiva : -

Coordenada: Este: - Norte: - Cota: - Calicata : C1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)**

Código de Documento:	N° de Revisión:	Fecha de Revisión:	Página:	1 de 1		
MALLAS N° 100 SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM 422					
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	DETENCION DE BASE GRANULAR (g) (SUELO ECOTECNICO)
5"	203.20					
6"	152.40					
4"	101.60					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525	-	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350					
N° 4	4.750	2.7	0.9	0.9	99.1	- LIMITE LIQUIDO (%) : 57
N° 6	3.350					- LIMITE PLASTICO (%) : 32
N° 8	2.380					- INDICE PLASTICIDAD (%) : 25
N° 10	2.000	2.6	0.8	1.7	98.3	CLASIFICACION SUCS
N° 16	1.190					CLASIFICACION AASHTO
N° 20	0.840	5.8	1.9	3.6	96.4	OVER=0.0% ARENAS=12.0%
N° 30	0.590	3.4	1.1	4.7	95.3	GRAVA=0.9% FINOS=87.1%
N° 40	0.425	4.2	1.4	6.1	93.9	
N° 50	0.297					
N° 60	0.250	6.3	2.1	8.2	91.8	- PESO TOTAL (gr) : 306.4 100.0 %
N° 100	0.149	6.1	2.0	10.2	89.8	- PESO GRAVA (gr) : 2.7 0.9 %
N° 200	0.074	8.5	2.8	12.9	87.1	- PESO < N° 4 (gr) : 303.7 99.1 %
-200		206.6	87.1	100.0	100.0	- PESO FRACCION (gr) : 303.7

**CURVA GRANULOMETRICA**



*Elizbeth Mori Linares*  
**NORMA ELIZABETH MORI LINARES**  
 Ingeniera Civil  
 Reg. CIP. N° 312437



**GEOMECANICA Y SERVICIOS  
DE INGENIERIA E.I.R.L**

INDECOPI N° 00068979-2011  
GEOTECNIA-SUELOS-CONCRETO-PAVIMENTOS-  
CONTROL DE CALIDAD  
RUC: 20491782049

<b>Proyecto</b>	: "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RVE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"		
<b>Solicitante</b>	: BACH. VICTOR HUGO REVILLA VARGAS (ORCID: 0009-0004-5864-3967)	<b>Fecha muestreo:</b>	: 3/08/2023
<b>Ubicación</b>	: DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA	<b>Profundidad (m)</b>	:
<b>Descripción:</b>	: CANTERA 01 LOS HERRERAS	<b>Muestreo</b>	: EL SOLICITANTE
<b>Material</b>	: TIERRA PARA ADOBE	<b>Progresiva</b>	:
<b>Coordenada:</b>	<b>Este:</b> - <b>Norte:</b> - <b>Cota:</b> -	<b>Calicata</b>	: C1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)**

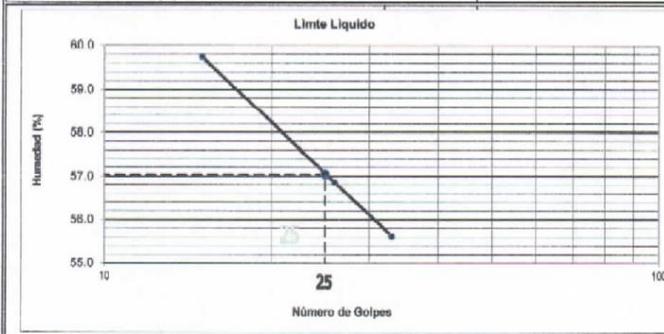
<b>Código de Documento:</b>	<b>N° de Revisión:</b>	<b>Fecha de Revisión:</b>	<b>Página:</b> 1 de 1
-----------------------------	------------------------	---------------------------	-----------------------

**LIMITE LIQUIDO ASTM D-423**

TARA	L-21	L-10	L-27
<b>N° DE GOLPES</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>15</b>
TARA+SUELO HUMEDO	32.36	33.98	35.77
TARA+SUELO SECO	27.56	29.38	30.65
PESO DEL AGUA	4.80	4.60	5.12
PESO DE LA TARA	18.93	21.29	22.08
PESO DEL SUELO SECO	8.63	8.09	8.57
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>55.62</b>	<b>56.86</b>	<b>59.74</b>

**LIMITE PLASTICO ASTM D-424**

	L-18	L-16
TARA+SUELO HUMEDO	26.47	30.21
TARA+SUELO SECO	25.02	28.08
PESO DEL AGUA	1.45	2.13
PESO DE LA TARA	20.56	21.50
PESO DEL SUELO SECO	4.46	6.58
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>32.51</b>	<b>32.37</b>
<b>HUMEDAD PROMEDIO (%)</b>	<b>32.44</b>	



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	57
Límite Plástico	32
Índice Plástico	25

Observaciones:	

*Norma Mori Linares*  
**NORMA ELIZABETH MORI LINARES**  
 Ingeniera Civil  
 REG. CIP. N° 312437

**CANTERA 02  
KUNTUR WASI**



NORMA ELIZABETH MORI LINARES  
Ingeniera Civil  
Reg. CIP. N° 312437



**GEOMECANICA Y SERVICIOS  
DE INGENIERIA E.I.R.L**

INDECOPI N° 00068979 2011  
GEOTECNIA-SUELOS-CONCRETO-PAVIMENTOS-  
CONTROL DE CALIDAD  
RUC: 20491782049

<b>Proyecto :</b>	"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"			
<b>Solicitante :</b>	BACH VICTOR HUGO REVILLA VARGAS (RUCID: 0009-0004-5864-3967)	<b>Fecha muestreo:</b>	3/08/2023	
<b>Ubicación :</b>	DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA		<b>Profundidad (m) :</b>	-
<b>Descripción:</b>	CANTERA 02 KUNTUR WASI		<b>Muestreo :</b>	EL SOLICITANTE
<b>Material :</b>	TIERRA PARA ADOBE			
<b>Coordenada:</b>	<b>Este:</b> -	<b>Norte:</b> -	<b>Cota:</b> -	<b>Calicata :</b> 1 C2

**CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM D 2216 / 4643)**

Código de Documento:	N° de Revisión:	Fecha de Revisión:	Página:
			1 de 1
MUESTRA	HUMEDAD GLOBAL		
Recipiente N°		H-7	
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	413.6	
Recipiente + Suelo seco	gr.	368.8	
Peso del Agua.	gr.	44.8	
Peso del Recipiente	gr.	32.3	
Peso del Suelo Seco	gr.	336.5	
% de Humedad	%	13.3	
% de Humedad Promedio		13.31	

  
 NORMA ELIZABETH MORI LINARES  
 INGENIERA CIVIL  
 RUC: 20491782049



**GEOMECANICA Y SERVICIOS  
DE INGENIERIA E.I.R.L.**

INDECOPI N° 00060979-2011  
ORGANIZACION REGULADORA CONCRETO PAVIMENTOS-  
CONTROL DE CALIDAD  
RUC: 20191780199

Proyecto : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"

Solicitante : HACH VICTOR HUGO REVILLA VARGAS (ORCID: 0009-0004-5564-3967) Fecha muestreo: 3/08/2023

Ubicación : DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA Profundidad (m) : -

Descripción: CANTERA 02 KUNTUR WASI Muestreo : EL SOLICITANTE

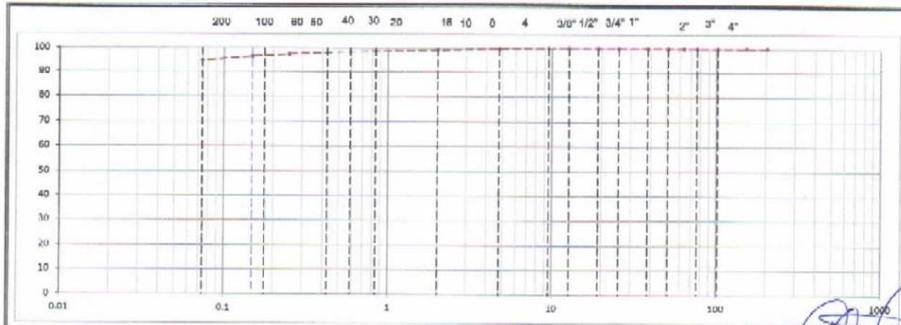
Material : TIERRA PARA ADOBE Progresiva : -

Coordenada: Este: - Norte: - Oeste: - Calicata : C2

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)**

Código de Documento:	N° de Revisión:	Fecha de Revisión:	Página: 1 de 1			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						
MALLAS SERIE METRICA	ABERTURA (mm)	TEÑO EFECTIVO (µ)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PAVA (%)	ESPECIFICACION DE LÍMITE (MANUAL DE MUESTREO TECNICO)
8"	203.20					
6"	152.40					
4"	101.60					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525		0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.350					
N° 4	4.750	0.7	0.3	0.3	99.7	- LÍMITE LÍQUIDO (%) : 51
N° 6	3.360					- LÍMITE PLÁSTICO (%) : 34
N° 8	2.380					- ÍNDICE PLÁSTICIDAD (%) : 17
N° 10	2.000	1.3	0.5	0.7	99.3	- CLASIFICACIÓN SUCS : -
N° 16	1.190					- CLASIFICACIÓN AASHTO : -
N° 20	0.840	1.8	0.6	1.4	98.6	OVER-0.0% ARENAS-5.0%
N° 30	0.590	0.8	0.3	1.6	98.4	GRAVA-0.3% FINOS-94.8%
N° 40	0.426	1.0	0.4	2.0	98.0	
N° 50	0.297					
N° 60	0.250	1.9	0.7	2.7	97.3	
N° 100	0.149	2.5	0.9	3.6	96.4	- PESO TOTAL (gr) : 379.7 100.0 %
N° 200	0.074	4.6	1.6	5.2	94.8	- PESO GRAVA (gr) : 0.7 0.3 %
-200		265.1	94.8	100.0		- PESO < N° 4 (gr) : 279.0 99.7 %
						- PESO FRACCIÓN (µ) : 279.0

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



*Elizbeth Mori Linares*  
**NORMA ELIZABETH MORI LINARES**  
 Ingeniera Civil  
 Reg. CIP. N° 312437



**GEOMECANICA Y SERVICIOS  
DE INGENIERIA E.I.R.L**

INDECOPI N° 00068979-2011  
GEOTECNIA-SUELOS-CONCRETO-PAVIMENTOS-  
CONTROL DE CALIDAD  
RUC: 20491782049

<b>Proyecto :</b> "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"	
<b>Solicitante :</b> BACH. VICTOR HUGO REVILLA VARGAS (ORCID: 0009 0004 8864 3967)	<b>Fecha muestreo:</b> 3/08/2023
<b>Ubicación :</b> DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA	<b>Profundidad (m)</b>
<b>Descripción:</b> CANTERA 02 KUNTUR WASI	<b>Muestreo :</b> EL SOLICITANTE
<b>Material :</b> TIERRA PARA ADOBE	<b>Progresiva :</b>
<b>Coordenada:</b> Este: Norte: Cota:	<b>Calicata :</b> C2

**LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)**

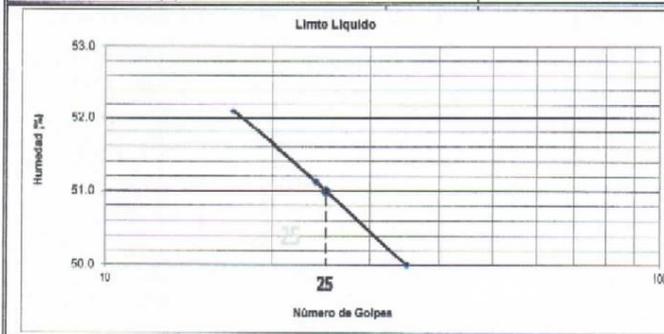
<b>Código de Documento:</b>	<b>N° de Revisión:</b>	<b>Fecha de Revisión:</b>	<b>Página:</b> 1 de 1
-----------------------------	------------------------	---------------------------	-----------------------

**LIMITE LIQUIDO ASTM D-423**

TARA	L-7	L-9	L-24
<b>N° DE GOLPES</b>	<b>35</b>	<b>24</b>	<b>17</b>
TARA+SUELO HUMEDO	34.14	33.20	34.47
TARA+SUELO SECO	29.97	28.65	29.63
PESO DEL AGUA	4.17	4.55	4.84
PESO DE LA TARA	21.63	19.75	20.34
PESO DEL SUELO SECO	8.34	8.90	9.29
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>50.00</b>	<b>51.12</b>	<b>52.10</b>

**LIMITE PLASTICO ASTM D-424**

	L-43	L-30
TARA+SUELO HUMEDO	25.36	29.85
TARA+SUELO SECO	23.89	27.75
PESO DEL AGUA	1.47	2.10
PESO DE LA TARA	19.59	21.58
PESO DEL SUELO SECO	4.30	6.17
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>34.19</b>	<b>34.04</b>
<b>HUMEDAD PROMEDIO (%)</b>	<b>34.11</b>	



Límites de Consistencia	
Límite Líquido	51
Límite Plástico	34
Índice Plástico	17

**Observaciones:**


  
NORMA ELIZABETH MORI LINARES  
Ingeniera Civil  
Reg. CIP. N° 312437

## Anexo 9. Diseño de mezcla

	<b>GEOMECANICA Y SERVICIOS DE INGENIERIA E.I.R.L</b>	
	<small>INDECOP N° 00068979-2011 GEOTECNIA-SUELOS-CONCRETO PAVIMENTOS CONTROL DE CALIDAD RUC: 20491782049</small>	

<b>Proyecto :</b> "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"				
<b>Solicitante :</b> BACH. VICTOR HUGO REVILLA VARGAS [ORCID: 0009-0004-3564-3967]		<b>Fecha muestreo:</b> 3/08/2023		
<b>Ubicación :</b> DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA		<b>Profundidad (m) :</b> -		
<b>Descripción:</b> CANTERA LOS HERRERAS + ARENA DE RIO CHILETE (PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:1/2)		<b>Muestreo :</b> EL SOLICITANTE		
<b>Material :</b> TIERRA PARA ADOBE Y ARENA DE RIO		<b>Progresiva :</b> -		
<b>Coordenada:</b> Este: - Norte: - Cota: -		<b>Calicata :</b> C1		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA ASTM D 2216 / 4643)</b>				
<b>Código de Documento:</b> _____	<b>N° de Revisión:</b> _____	<b>Fecha de Revisión:</b> _____	<b>Página:</b> 1 de 1	
<b>MUESTRA</b>		<b>HUMEDAD CANTERA LOS HERRERA</b>	<b>HUMEDAD CANTERA DE RIO CHILETE</b>	
Recipiente N°				
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	804.4	1085.5	
Recipiente + Suelo seco	gr.	729.3	1042.3	
Peso del Agua.	gr.	75.1	43.2	
Peso del Recipiente	gr.	147.7	150.1	
Peso del Suelo Seco	gr.	581.6	892.2	
% de Humedad	%	12.9	4.8	
% de Humedad Promedio				

  
**NORMA ELIZABETH MORI LINARES**  
 Ingeniera Civil  
 Reg.CIP. N° 312437



**GEOMECANICA Y SERVICIOS  
DE INGENIERIA E.I.R.L.**

INDECOPI N° 00068979-2011  
GEOTECNIA-SUELOS-CONCRETO-PAVIMENTOS-  
CONTROL DE CALIDAD  
RUC: 20491782049

**Proyecto :** "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"

**Solicitante :** BACH. VICTOR HUGO REVILLA VARGAS (ORCID: 0009-0004-5564-3967) **Fecha muestreo:** 3/08/2023

**Ubicación :** DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA **Profundidad (m) :** -

**Descripción:** CANTERA LOS HERRERAS + ARENA DE RIO CHILETE (PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:1/2) **Muestreo :** EL SOLICITANTE

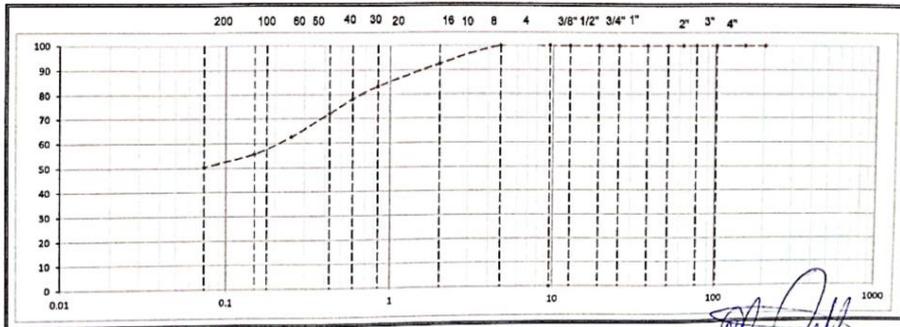
**Material :** TIERRA PARA ADOBE Y ARENA DE RIO **Progresiva :** -

**Coordenada:** Este: - Norte: - Cota: - **Calicata :** C1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)**

Código de Documento:	N° de Revisión:	Fecha de Revisión:	Página:			
			1 de 1			
MALLAS SERIE AMERICANA	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM 422					
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL (%)	PASA (%)	
	8"	203.20				
	6"	152.40				
	4"	101.60				
	3"	76.200				
	2 1/2"	63.500				
	2"	50.800				
	1 1/2"	38.100				
	1"	25.400				
	3/4"	19.050				
	1/2"	12.700				
	3/8"	9.525	-	0.0	100.0	
	1/4"	6.350	-	0.0	100.0	
	N° 4	4.760	-	0.0	100.0	
	N° 6	3.360				
	N° 8	2.380				
	N° 10	2.000	19.7	7.4	7.4	92.6
	N° 16	1.190				
	N° 20	0.840	25.2	9.5	16.9	83.1
N° 30	0.590	13.5	5.1	21.9	78.1	
N° 40	0.426	16.1	6.0	28.0	72.0	
N° 50	0.297					
N° 60	0.250	25.1	9.4	37.4	62.6	
N° 100	0.149	18.6	7.0	44.4	55.6	
N° 200	0.074	13.7	5.1	49.5	50.5	
-200		134.4	50.5	100.0		
<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>						
- LÍMITE LÍQUIDO (%) : 30						
- LÍMITE PLÁSTICO (%) : 22						
- ÍNDICE PLÁSTICIDAD (%) : 9						
- CLASIFICACIÓN SUCS :						
- CLASIFICACIÓN AASHTO :						
OVER=0.0% ARENAS=49.5%						
GRAVA=0.0% FINOS=50.5%						
- PESO TOTAL (gr) : 266.3 100.0 %						
- PESO GRAVA (gr) : 0.0 0.0 %						
- PESO < N° 4 (gr) : 266.3 100.0 %						
- PESO FRACCIÓN (gr) : 266.3						

**CURVA GRANULOMETRICA**



*Norma Elizabeth Mori Linares*  
**NORMA ELIZABETH MORI LINARES**  
 Ingeniera Civil  
 C.I.P. N° 3.243.7

ejvargas.ing@gmail.com  
 Cel: 966052861 / RPM: #966052861  
 Av. Dinamarca Q1 - H.11 Urb. La Molina - Cajamarca



**GEOMECANICA Y SERVICIOS  
DE INGENIERIA E.I.R.L**

INDECOPI N° 00068979-2011  
GEOTECNIA-SUELOS-CONCRETO-PAVIMENTOS-  
CONTROL DE CALIDAD  
RUC: 20491782049

**Proyecto :** "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO"

**Solicitante :** BACH. VICTOR HUGO REVILLA VARGAS (ORCID: 0009-0004-5564-3967) **Fecha muestreo:** 3/08/2023

**Ubicación :** DISTRITO SAN PABLO, PROVINCIA SAN PABLO, DEPARTAMENTO CAJAMARCA **Profundidad (m)**

**Descripción:** CANTERA LOS HERRERAS + ARENA DE RIO CHILETE (PROPORCIÓN EN VOLUMEN 1:1/2) **Muestreo :** EL SOLICITANTE

**Material :** TIERRA PARA ADOBE Y ARENA DE RIO **Progresiva :**

**Coordenada:** Este: - Norte: - Cota: - Calcata : C1

**LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)**

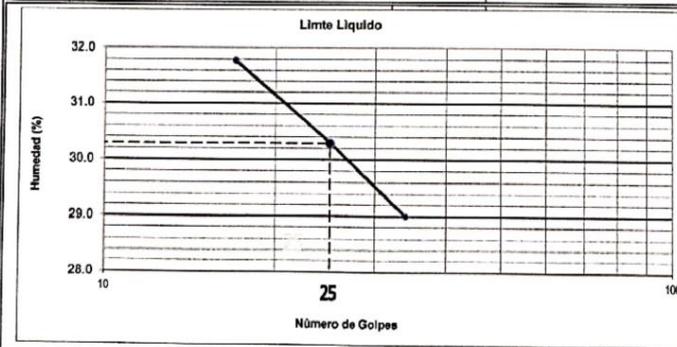
Código de Documento: \_\_\_\_\_ N° de Revisión: \_\_\_\_\_ Fecha de Revisión: \_\_\_\_\_ Página: 1 de 1

**LIMITE LIQUIDO ASTM D-423**

TARA	L-7	L-9	L-18
<b>N° DE GOLPES</b>	<b>34</b>	<b>25</b>	<b>17</b>
TARA+SUELO HUMEDO	40.09	35.06	37.77
TARA+SUELO SECO	35.94	31.50	33.62
PESO DEL AGUA	4.15	3.56	4.15
PESO DE LA TARA	21.63	19.75	20.56
PESO DEL SUELO SECO	14.31	11.75	13.06
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>29.00</b>	<b>30.30</b>	<b>31.78</b>

**LIMITE PLASTICO ASTM D-424**

	L-24	L-16
TARA+SUELO HUMEDO	28.01	28.01
TARA+SUELO SECO	26.64	26.64
PESO DEL AGUA	1.37	1.37
PESO DE LA TARA	20.34	20.34
PESO DEL SUELO SECO	6.30	6.30
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>21.75</b>	<b>21.75</b>
<b>HUMEDAD PROMEDIO (%)</b>	<b>21.75</b>	



Limites de Consistencia	
Límite Líquido	30
Límite Plástico	22
Índice Plástico	9

**Observaciones:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*(Signature)*  
**NORMA ELIZABETH MORI LINARES**  
Ingeniera Civil  
Reg.CIP. N° 312437

ejvargas.ing@gmail.com  
Cel: 966052861 / RPM: #966052861  
Av. Dinamarca Q1- It.11 Urb. La Molina - Cajamarca

## Anexo 10. Resultados de ensayos de compresión y flexión



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN UNIDADES DE ADOBE			
PROYECTO:	TESIS: "Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass Ecotipo Cajamarquino"		
UBICACIÓN:	SAN PABLO - CAJAMARCA		
NORMA TÉCNICA:	SR	OPERADOR:	e.g.ch.m
SOLICITANTE:	Tesista: Bach. Víctor Hugo Revilla Vargas	FECHA:	08/Setiembre/2023

VALIDACIÓN DE ENSAYOS			
TIPO DE ELEMENTO:	Adobe	PRENSA HUDRAULICA	
DIMENSIONES:	40x20x10 cm	MARCA:	STYE-2000B
FECHA DE PRODUCCION:	09/Agosto/2023	MODELO / CÓDIGO:	131212
EDAD DEL ESPECIMEN:	30 días		

CODIGO	MATERIAL	Tamaño de la unidad (cm)				Carga (KN)
		L. Libre	Largo	Ancho	Altura	
T-01	MC + 0% Fibra RG	30	39.03	19.67	9.87	1.53
T-02	MC + 0% Fibra RG	30	38.50	20.27	9.47	1.75
T-03	MC + 0% Fibra RG	30	39.13	20.37	9.37	1.52
T-04	MC + 0% Fibra RG	30	38.77	19.83	10.33	1.57

T-01	ME1 + 0.5% Fibra RG	30	39.13	19.60	10.40	1.82
T-02	ME1 + 0.5% Fibra RG	30	38.90	19.70	10.23	1.71
T-03	ME1 + 0.5% Fibra RG	30	39.00	19.73	10.13	1.70
T-04	ME1 + 0.5% Fibra RG	30	38.67	19.43	10.00	1.77

T-01	ME2 + 1% Fibra RG	30	39.20	19.57	10.53	2.13
T-02	ME2 + 1% Fibra RG	30	39.43	20.03	10.00	1.65
T-03	ME2 + 1% Fibra RG	30	39.43	19.67	10.23	1.67
T-04	ME2 + 1% Fibra RG	30	39.13	19.60	10.40	1.89

T-01	ME3 + 1.5% Fibra RG	30	39.60	19.90	9.70	2.43
T-02	ME3 + 1.5% Fibra RG	30	39.77	19.90	9.73	2.15
T-03	ME3 + 1.5% Fibra RG	30	39.33	19.83	10.43	3.10
T-04	ME3 + 1.5% Fibra RG	30	39.57	19.93	10.20	2.67

T-01	ME4 + 2% Fibra RG	30	39.00	19.57	10.17	3.75
T-02	ME4 + 2% Fibra RG	30	39.20	19.70	9.57	3.50
T-03	ME4 + 2% Fibra RG	30	39.43	19.63	10.37	2.56
T-04	ME4 + 2% Fibra RG	30	38.90	19.60	10.67	2.50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
*Germán Chaffo*  
Germán Chaffo Mendoza  
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES



Universidad Nacional de Cajamarca  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE MURETES DE ADOBE (NORMA E.080-VD-2020)			
PROYECTO:	TESIS: "Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass Ecotipo Cajamarquino"		
UBICACIÓN:	SAN PABLO - CAJAMARCA		
NORMA TÉCNICA:	E.080-VD-2020	OPERADOR:	e.g.ch.m
SOLICITANTE:	Tesista: Bach. Víctor Hugo Revilla Vargas	FECHA:	26/Setiembre/2023

VALIDACIÓN DE ENSAYOS			
TIPO DE ELEMENTO:	Murete de adobe	MARCO DE CARGA VERTICAL	
DIMENSIONES:	4 hiladas.	MARCA:	ALFRED J. AMSLER y CIA
FECHA DE PRODUCCION:	01/Agosto/2023	MODELO / CÓDIGO:	79/228
EDAD DEL ESPECIMEN:	56 días		

CODIGO	MATERIAL	Dimensionamiento del murete			Carga (kgf)
		Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	
T-01	MC + 0% Fibra RG	38.2	23.6	11.5	1570
T-02	MC + 0% Fibra RG	40.2	23.3	11.2	1540
T-03	MC + 0% Fibra RG	37.5	23.5	11.4	1600
T-04	MC + 0% Fibra RG	38.3	23.2	11.5	1220

T-01	ME1 + 0.5% Fibra RG	39.5	23.7	11.4	1760
T-02	ME1 + 0.5% Fibra RG	40.5	23.5	11.5	1620
T-03	ME1 + 0.5% Fibra RG	39.7	23.5	11.7	1420
T-04	ME1 + 0.5% Fibra RG	40.2	23.4	11.6	1780

T-01	ME2 + 1% Fibra RG	40.7	23.5	11.2	1770
T-02	ME2 + 1% Fibra RG	40.6	23.5	11.5	1680
T-03	ME2 + 1% Fibra RG	41.4	23.5	11.3	1680
T-04	ME2 + 1% Fibra RG	41.5	23.5	11.4	1750

T-01	ME3 + 1.5% Fibra RG	42.3	23.5	11.5	1600
T-02	ME3 + 1.5% Fibra RG	42.1	23.6	11.6	1690
T-03	ME3 + 1.5% Fibra RG	41.2	23.5	11.7	1700
T-04	ME3 + 1.5% Fibra RG	41.1	23.5	11.6	1720

T-01	ME4 + 2% Fibra RG	40.8	24	11.7	1320
T-02	ME4 + 2% Fibra RG	40.2	24	11.6	1180
T-03	ME4 + 2% Fibra RG	40.6	23.7	11.7	1300
T-04	ME4 + 2% Fibra RG	40.7	23.9	11.7	1260

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
*Germin Chuffo*  
Germin Chuffo Mendoza  
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES



Universidad Nacional de Cajamarca  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ADOBE (NORMA E.080-VD-2020)			
PROYECTO:	TESIS: "Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass Ecotipo Cajamarquino"		
UBICACIÓN:	SAN PABLO - CAJAMARCA		
NORMA TÉCNICA:	E.080-VD-2020	OPERADOR:	e.g.ch.m
SOLICITANTE:	Tesista: Bach. Víctor Hugo Revilla Vargas	FECHA:	29/Setiembre/2023

VALIDACIÓN DE ENSAYOS			
TIPO DE ELEMENTO:	Murete de adobe	MARCO DE CARGA VERTICAL	
DIMENSIONES:	62x62 cm	MARCA:	ALFRED J. AMSLER y CIA
FECHA DE PRODUCCION:	04/Agosto/2023	MODELO / CÓDIGO:	79/228
EDAD DEL ESPECIMEN:	56 días		

CODIGO	MATERIAL	Dimensionamiento del murete (cm)			Carga (kgf)
		Long. Diagonal	Longitud	Espesor	
T-01	MC + 0% Fibra RG	87.00	62.20	11.80	150
T-02	MC + 0% Fibra RG	86.50	61.50	11.50	180
T-03	MC + 0% Fibra RG	86.00	62.60	11.30	170
T-04	MC + 0% Fibra RG	86.00	62.80	11.80	200

T-01	ME1 + 0.5% Fibra RG	86.00	62.70	11.70	240
T-02	ME1 + 0.5% Fibra RG	86.50	63.00	11.60	220
T-03	ME1 + 0.5% Fibra RG	87.00	62.50	12.00	200
T-04	ME1 + 0.5% Fibra RG	86.00	62.60	11.50	220

T-01	ME2 + 1% Fibra RG	86.60	63.00	11.60	280
T-02	ME2 + 1% Fibra RG	86.50	62.50	11.70	300
T-03	ME2 + 1% Fibra RG	86.00	63.00	12.00	300
T-04	ME2 + 1% Fibra RG	86.50	62.60	11.80	270

T-01	ME3 + 1.5% Fibra RG	87.00	62.50	11.70	280
T-02	ME3 + 1.5% Fibra RG	87.00	62.00	11.50	240
T-03	ME3 + 1.5% Fibra RG	86.00	62.30	11.80	260
T-04	ME3 + 1.5% Fibra RG	86.50	62.40	12.00	260

T-01	ME4 + 2% Fibra RG	87.00	63.00	11.80	200
T-02	ME4 + 2% Fibra RG	86.50	62.50	12.00	220
T-03	ME4 + 2% Fibra RG	86.00	62.60	11.60	230
T-04	ME4 + 2% Fibra RG	86.00	62.80	11.50	200

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
*German Chaffo*  
German Chaffo Mendoza  
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES



Universidad Nacional de Cajamarca  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
*Laboratorio de Ensayo de Materiales*



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:**

**CONSTANCIA**

Que el **Bach. VÍCTOR HUGO REVILLA VARGAS**, Egresado de la Escuela Académico Profesional de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Cesar Vallejo; ha realizado en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz" las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo a flexión en unidades de adobe.
02	Ensayos de resistencia a compresión en muretes de adobe.
03	Ensayo de compresión diagonal en muretes de adobe.

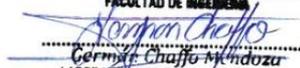
Para la Tesis Titulada: "**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE RYE GRASS ECOTIPO CAJAMARQUINO, CAJAMARCA 2023**".

Dichas actividades se desarrollaron entre el 24/08/2023 al 30/09/2023.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 30 de setiembre de 2023.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
  
Gerardo Chaffo Mendoza  
LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

c.c. a:  
\_Archivo

## Anexo 11. Panel fotográfico



Foto 1, 2 y 3: Pruebas de campo, recojo de material de cantera "Los Herrera"



Foto 4: Recolección del rye grass



Foto 5: Deshidratado del rye grass



Foto 6: Pesado del rye grass



Foto 7: Corte a 5 cm del rye grass



Foto 8 y 9: Rye grass ecotipo cajamarquino listo para utilizarse



Foto 10: Mezclado de tierra + arena



Foto 11: Humedecido del agregado



Foto 12: Incorporación de fibra RG



Foto 13: Moldeado de adobes



Foto 14: Moldeo de adobes



Foto 15: Curado de adobes



Foto 16: Traslado de unidades al laboratorio de la UNC para fabricación de muretes



Foto 17: Elaboración de pilas y muretes



Foto 18: Pilas y muretes terminados



Foto 19, 20 y 21: Ensayo de pilas a compresión, fallas típicas en las pilas de adobe.



Foto 22, 23 y 24: Vista prensa de carga vertical, muestras acondicionadas para ensayos





Foto 25: Vista de la prensa para ensayo



Foto 26: Falla típica en muros



Foto 27: Falla típica en muretes



Foto 28: Ensayo de tracción indirecta



Foto 29 y 30: Registro de medidas de la unidad adobe en el laboratorio de la UNC



Foto 21: Falla típica en unidad de adobe



Foto 20: Prensa para ensayo a flexión