

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Resistencia mecánica de muros de adobe reforzado  
con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco, 2023**

Mario Wilbert Romero Vera

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Ma. Edinson José Porras Arroyo  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : de setiembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

RESISTENCIA MECÁNICA DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO, CALCA, CUSCO 2023

**Autores:**

1. Mario Wilbert Romero Vera – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 15 SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

---

Asesor de trabajo de investigación

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme finalizar esta etapa de mi vida profesional, dotándome de sabiduría y fortaleza, aprendiendo de mis errores y creciendo a partir de mis dificultades para llegar al punto en el que estoy ahora.

A la Universidad Continental, por permitirme cumplir mi objetivo de ser Ingeniero Civil.

A los amigos de estudio y compañeros de trabajo que hice y que me ayudaron en los momentos más difíciles de mi educación.

A mi asesor de tesis: Dr. Abel A. Muñiz Paucarmayta, ha sido un recurso inestimable a lo largo de esta investigación. Le estoy muy agradecido por su experiencia, paciencia y comprensión en el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, me gustaría expresar mi gratitud a mi familia y amigos que han estado presentes en cada momento y me han ayudado a alcanzar este hito.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a Dios por ser mi fuente de fortaleza y dirección mientras trabajo para completar mi educación formal y entrar en la fuerza laboral.

Dedico este logro a mi señor padre por creer siempre en mí y ayudarme a crecer como persona de bien. Gracias por sus consejos de superación personal y profesional.

Dedico este éxito a mi señora madre, cuya guía y amor incondicional me han ayudado a convertirme en la persona que me esfuerzo por ser.

Dedico este triunfo a cada uno de mis hermanos, que han estado a mi lado en las buenas y en las malas mientras proseguía mis estudios.

Dedico este triunfo a mi señora esposa y a mi hijo, con su apoyo he podido dedicar el tiempo y el esfuerzo necesario para alcanzar este hito profesional.

Por último, doy las gracias a todos los que me han ayudado a llegar al éxito, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo sincero e incondicional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN .....	xi
CAPÍTULO I .....	13
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	13
1.1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.1.2. Formulación del problema .....	15
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo general.....	15
1.2.2. Objetivos específicos .....	16
1.3. Justificación e importancia .....	16
1.3.1. Justificación teórica .....	16
1.3.2. Justificación práctica.....	16
1.3.3. Justificación metodología .....	16
1.4. Delimitación de la investigación.....	16
1.4.1. Delimitación conceptual .....	16
1.4.2. Delimitación espacial.....	17
1.4.3. Delimitación temporal.....	17
1.4.4. Importancia .....	17
1.5. Hipótesis y variables .....	17
1.5.1. Hipótesis .....	17
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.2. Bases teóricas.....	21
CAPÍTULO III.....	29
METODOLOGÍA.....	29
3.1. Método y alcance de la investigación .....	29
3.2. Materiales y métodos .....	29

CAPÍTULO IV .....	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
4.1. Descripción de la zona de estudio.....	41
4.2. Presentación de resultados .....	43
4.3. Discusión de resultados.....	50
CAPÍTULO V .....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. Conclusiones.....	54
5.2. Recomendaciones .....	56
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	18
Tabla 2. Dosificación de volumen para cada ensayo mecánico.....	23
Tabla 3. Ventajas y desventajas del adobe.....	25
Tabla 4. Resistencia última establecida de los muros de adobe.....	26
Tabla 5. Cantidad muestral y poblacional del estudio .....	30
Tabla 6. Validez por juicio de expertos .....	31
Tabla 7. Escala de rangos de validez del instrumento .....	31
Tabla 8. Rangos de confiabilidad de la investigación.....	32
Tabla 9. Ubicación de las canteras del estudio .....	32
Tabla 10. Resultados del ensayo preliminar de la cinta de barro.....	33
Tabla 11. Cantidad total de materiales para la población de estudio .....	34
Tabla 12. Normativas utilizadas en el estudio .....	35
Tabla 13. Resultados de granulometrías y límites de consistencia .....	36
Tabla 14. Resultados de la clasificación de suelos .....	36
Tabla 15. Cálculos del ensayo a compresión diagonal .....	38
Tabla 16. Cálculos del ensayo a la flexión.....	39
Tabla 17. Cálculos del ensayo a la compresión axial en pilas .....	40
Tabla 18. Resistencia a compresión diagonal ( $f'_t$ ).....	43
Tabla 19. Resistencia a la flexión ( $M_r$ ).....	44
Tabla 20. Resistencia a compresión axial en pilas ( $f_m$ ).....	45
Tabla 21. Variación de la resistencia mecánica .....	46



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Viviendas de adobe.....	15
Figura 2. Plantaciones y maderamen de eucalipto.....	23
Figura 3. Esquema de resistencia diagonal.....	26
Figura 4. Esquema de resistencia a la flexión.....	27
Figura 5. Esquema de resistencia a compresión axial.....	28
Figura 6. Canteras del estudio.....	33
Figura 7. Ensayos manuales del suelo.....	33
Figura 8. Cálculo de las cantidades de material.....	34
Figura 9. Elaboración de adobes.....	34
Figura 10. Ensayos físicos del suelo.....	36
Figura 11. Proceso de desfilado y secado de las fibras.....	37
Figura 12. Proceso de humedad relativa.....	37
Figura 13. Resultado de humedad relativa de la fibra de corteza de eucalipto.....	37
Figura 14. Ubicación provincial y distrital.....	41
Figura 15. Resistencia a compresión diagonal.....	43
Figura 16. Resistencia a la flexión.....	44
Figura 17. Resistencia a la compresión axial.....	45
Figura 18. Variación porcentual de la resistencia mecánica en pilas.....	46
Figura 19. Anova – Resistencia a la compresión diagonal en muretes.....	47
Figura 20. Anova – Resistencia a la flexión.....	48
Figura 21. Anova – Resistencia a la compresión axial en pilas.....	48
Figura 22. Anova – Análisis de variación de la resistencia mecánica.....	49

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzados con fibra de corteza de eucalipto (FCE). Se aplicó la metodología de enfoque cuantitativo, diseño experimental y de nivel explicativo. La población estuvo constituida por 350 adobes. El muestreo fue no probabilístico, la técnica y recolección de datos fueron la observación directa y la ficha de recojo de datos. Se obtuvieron resultados para la resistencia a la compresión diagonal ( $f't$ ) en la muestra control (MC) de 0.17 kgf/cm<sup>2</sup>, para las adiciones de 10% 0.30 kgf/cm<sup>2</sup>, 12.5% 0.34 kgf/cm<sup>2</sup> y 15% 0.41 kgf/cm<sup>2</sup>. La resistencia a la flexión ( $Mr$ ), la MC obtuvo 0.79 kgf/cm<sup>2</sup>, para el 10% 1.51 kgf/cm<sup>2</sup>, 12.5% 1.67 kgf/cm<sup>2</sup> y 15% 1.93 kgf/cm<sup>2</sup>. La resistencia a la compresión axial en pilas ( $f'm$ ), la MC alcanzó 6.36 kgf/cm<sup>2</sup>, para el 10% 9.34 kgf/cm<sup>2</sup>, 12.5% 10.38 kgf/cm<sup>2</sup> y 15% 11.94 kgf/cm<sup>2</sup>. La variación de la resistencia mecánica de los ensayos  $f't$ ,  $Mr$  y  $f'm$ , la MC alcanzó -31.40%, -44.22% y 3.91%, con adiciones de FCE del 10%, 18.13%, 6.51% y 52.62%, con 12.5%, 36.56%, 17.42 % y 69.60 %, con 15 % 63.32%, 36.11% y 95.16%. Se concluyó que la mayor resistencia se obtiene con la adición de 15% de FCE, que alcanzó valores superiores a la MC en un 138.08%, 143.99% y 87.81%, con respecto a la norma técnica E.080, prevalece en un 63.32%, 36.11%, 95.16%, estableciéndose que la resistencia mecánica varía significativamente cuando se le adiciona FCE.

**Palabras clave:** adobe reforzado, fibra de corteza de eucalipto, muros, resistencia mecánica.

## ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the variation in the mechanical strength of adobe walls reinforced with eucalyptus bark fiber (FCE). The methodology applied was quantitative approach, experimental design and explanatory level. The population was made up of 350 adobes. The sampling was non-probabilistic, the technique and data collection were direct observation and the data collection form. Results were obtained for the diagonal compressive strength ( $f_t$ ) in the control sample (MC) of 0.17 kgf/cm<sup>2</sup>, for the additions of 10 % 0.30 kgf/cm<sup>2</sup>, 12.5% 0.34 kgf/cm<sup>2</sup> and 15% 0.41 kgf/cm<sup>2</sup>. Flexural strength ( $M_r$ ), the MC obtained 0.79 kgf/cm<sup>2</sup>, for 10% 1.51 kgf/cm<sup>2</sup>, 12.5% 1.67 kgf/cm<sup>2</sup> and 15% 1.93 kgf/cm<sup>2</sup>. The axial compressive strength in piles ( $f_m$ ), the MC reached 6.36 kgf/cm<sup>2</sup>, for 10% 9.34 kgf/cm<sup>2</sup>, 12.5% 10.38 kgf/cm<sup>2</sup> and 15% 11.94 kgf/cm<sup>2</sup>. The variation of the mechanical resistance of the  $f_t$ ,  $M_r$  and  $f_m$  tests, the MC reached -31.40%, -44.22% and 3.91%, with FCE additions of 10% 18.13%, 6.51% and 52.62, with 12.5% 36.56%, 17.42% and 69.60%, with 15% 63.32%, 36.11% and 95.16%. It was concluded that the highest resistance is obtained with the addition of 15% FCE, which reached values higher than MC by 138.08%, 143.99 and 87.81%, with respect to the Technical Standard E.080, prevailing by 63.32%, 36.11%, 95.16%, establishing that the mechanical resistance varies significantly when FCE is added.

**Keywords:** reinforced adobe, eucalyptus bark fiber, walls, mechanical strength

## INTRODUCCIÓN

La tierra es uno de los materiales de construcción más antiguos del mundo, muchas estructuras de los centros históricos, urbanos y de las zonas rurales de Perú se construyeron con adobe o tapial, dos de los métodos vernáculos más conocidos del país. Es difícil estudiar el origen vernáculo del tapial hasta hoy, por lo que es imposible precisar cuándo comenzó a usarse. Esto se debe a que la única evidencia histórica del adobe y tapial se encuentra en la documentación de posesiones patrimoniales históricas y de complejo acceso a obtenerlas fácilmente <sup>(1)</sup>. Sin embargo, el único método para mantener adecuadamente los antiguos muros de adobe es seguir la noción tradicional de mantenimiento continuo, que fue el principal enfoque constructivo hasta la era moderna. Así también, la restauración de la arquitectura de tierra es notoriamente difícil, comienza con el descubrimiento de los propios edificios antiguos y requiere el desarrollo de un programa de conservación y restauración a medida en estrecha colaboración entre arquitectos y arqueólogos <sup>(2)</sup>.

No obstante, la expansión exponencial de las plantaciones de eucalipto plantea retos para la gestión de residuos. A diferencia de la corteza de pino, la de eucalipto es engorrosa de trabajar, almacenar y eliminar. Por ello, su combustión en calderas industriales resulta poco atractiva, ya que produce importantes cantidades de corteza en las instalaciones de descortezado y provoca problemas de incendio debido a la autoignición. Mediante la utilización de un producto basado en fibras extraídas de la corteza de madera de eucalipto, es posible obtener una buena capacidad de aislamiento térmico, un bajo impacto medioambiental, un precio competitivo y unas prestaciones técnicas que satisfacen las necesidades de la industria de la construcción.<sup>(3)</sup> En este sentido, las construcciones de ladrillos de adobe son una buena alternativa para la construcción de viviendas y otro debido a su aislamiento térmico y bajo coste de construcción. El uso de fibras de corteza de eucalipto (FCE) contribuye a la descontaminación que estas generan, particularmente los incendios por falta de reutilización y aplicación en relación con la paja utilizada en el adobe tradicional, lo que las convierte en una buena solución a la problemática realidad que se presenta día a día <sup>(3)</sup>.

El estudio se dividió en cinco capítulos, cada uno descrito con más detalle a continuación.

Capítulo I: se expuso la situación desde varias perspectivas (internacional, nacional y local) explicándose por qué se planteó este problema, qué se esperaba conseguir y dónde trazar la línea geográficamente. En esta sección se desglosó los problemas, el objetivo general y los objetivos específicos.

Capítulo II: se fundamentó teóricamente y se profundizó en el marco conceptual, la hipótesis general, las hipótesis específicas y los antecedentes nacionales e internacionales estudiados, como la operacionalización de variables independiente y dependiente.

Capítulo III: describió la metodología de la investigación, incluyendo sus orígenes, los procedimientos por los que se realizó, los criterios por los que se seleccionó la metodología y los detalles específicos del alcance, la profundidad y el diseño de la investigación.

Capítulo IV: este capítulo amplía el análisis de los resultados del estudio, los datos recogidos durante el trabajo de campo, las conclusiones del análisis de laboratorio de los datos de los ensayos mecánicos y las pruebas concluyentes de que las fibras de corteza de eucalipto tuvieron un impacto significativo en la resistencia mecánica de los muros de adobe. Asimismo, este capítulo determina las discusiones, estableciendo paralelismos con estudios similares realizados a escala nacional e internacional.

Capítulo V: se establecieron las conclusiones relevantes del estudio, según los resultados obtenidos, que demostraron el cumplimiento de los objetivos propuestos. Además, en este capítulo se presentaron las recomendaciones, es decir, cada una de las medidas necesarias para solucionar los problemas que este estudio reveló y que podrían presentarse en futuras investigaciones.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Para lograr el crecimiento del conocimiento y la resolución de un problema de la comunidad, es útil disponer de una explicación y enunciado del problema<sup>(4)</sup>. Por esta razón, se analiza situaciones relacionadas con la problemática de la presente investigación a nivel internacional, nacional y local.

A nivel internacional, según la Organización World Hábitat, una cuarta parte de los nepalíes son pobres, mientras la mitad (49 %) vive en viviendas precarias. La frecuencia y gravedad de las catástrofes naturales han tenido efectos devastadores en la vida de las personas y en sus viviendas. Tras dos terremotos devastadores en 2015, que cobraron más de 9000 vidas y destruyeron más de 8 000 hogares, seguidos de inundaciones extremas en 2017 y 2019. Como parte de la solución, se puso en marcha un intenso plan de reconstrucción. A pesar del éxito de los programas de autoconstrucción con tecnologías de adobe reforzado y espíritu emprendedor, el realojamiento ha supuesto un reto para las familias más vulnerables, incluidos ancianos, niños pequeños, familiares discapacitados y adultos solteros<sup>(5)</sup>.

A nivel nacional, el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres (SINAGERD) informó de que las heladas y los fenómenos relacionados con el frío están causando estragos en las personas, el ganado y los cultivos. Como parte de solución, la revista EcoSur ha presentado una iniciativa peruana para desarrollar prácticas de construcción en adobe antisísmicas, el proyecto se organiza concentrado no solo en la construcción sino en la educación, dado que, durante la fase de recuperación posterior al terremoto, también debería proporcionarse información y formación adecuadas para mejorar la calidad de las viviendas de

adobe. Esto ha conllevado que Perú adopte y actualice dos veces la norma oficial (E.080) para diseño y construcción de tierra reforzada. Tanto es así que, en América Latina, esta es la norma de oro para los proyectos basados en el adobe. También, hacen referencia que la tierra se ha utilizado tradicionalmente como principal material de construcción en las zonas rurales de Perú, especialmente útil en las sierras, protege del frío y el viento, es duradera, puede ser construida por el propio propietario y es eficaz. Si se construyen y mantienen correctamente, las estructuras de adobe pueden resistir terremotos. Las ventajas económicas y las propiedades térmicas del adobe en un clima difícil hacen inevitable que muchos habitantes de las sierras lo utilicen para construir sus viviendas en los próximos años <sup>(6)</sup>.

A nivel local, los efectos de las bajas temperaturas se han agravado en la última década, las personas que viven en casas de adobe, por no estar acondicionadas, sufren más los efectos secundarios mencionados, reflejados en enfermedades respiratorias, siendo los meses más fríos del año los que suelen tener temperaturas bajo cero. Sin embargo, estos estragos se presentan desde los inicios de la época preincaica, debido a que en la sierra la tierra era predominante, evolucionando su arquitectura con el inicio del imperio español y, en estos últimos tiempos, se presentan sobre todo en las personas que habitan dentro de las viviendas construidas sin el uso de tecnologías ni criterios técnicos provocado problema térmicos y de comportamiento sísmico. Este tipo de suceso suelen presentarse en cualquier momento, dada la posición geográfica que se encuentra Perú entre la placa de Nazca, que hace al país vulnerable a los terremotos y por la falta de reforzamientos y calidad de construcción de las viviendas de adobe. Esto se llega a presentar de una manera donde la peri-urbanización, se produce una transición entre dos límites que se disuelven, con un uso específico de la vivienda, por lo que supone un peligro para la vida rural de la comunidad debido a la excesiva ocupación de superficie de la ciudad al campo y viceversa, esta tendencia impulsa a que la gente abandone la ciudad en búsqueda de una alta calidad de vida. Además, perjudica y provoca de una manera directa un futuro sombrío para los habitantes y el valor patrimonial de sus propiedades, dado que corre peligro si se adopta la tecnología equivocada, por ello resulta instructivo contrastar los enfoques adoptados en la preservación de sus métodos tradicionales de construcción por las comunidades; por lo tanto, confiar en métodos industrializados sin consultar a expertos no solamente pone en peligro la calidad estética de una ciudad o comunidad, sino también la integridad estructural de las viviendas.

En este sentido, el estudio propuso una solución asentada en la calidad del suelo y en la construcción de viviendas con innovadores muros de tierra reforzados, añadiendo FCE (fibras de corteza de eucalipto). Estas fibras naturales surgieron como una opción económica viable, esto se debe a que se trata de una materia prima renovable y fácilmente disponible en el

mercado. Tanto es así que estudios demostraron que además de diferentes materiales vegetales como la FCE incrementan la resistencia de su propiedad mecánica de los muros de tierra. En este contexto, se da a conocer la elaboración de los muros de adobe y asesoramiento técnico a las personas que habitan dentro y fuera de la comunidad de Unuraqui, distrito y provincia de Calca del departamento del Cusco, ubicado aproximadamente a 3 266 m s. n. m.



*Figura 1. Viviendas de adobe. A) Vivienda de dos niveles con rajaduras e inclinación; B). Vivienda de dos niveles con problemas de mala cimentación y adobes en mal estado de conservación. Imágenes tomadas en la zona de estudio, Comunidad Unuraqui, distrito Calca, provincia y departamento Cusco*

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cuánto es la variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuánto cambia la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023?
- ¿En cuánto varía la resistencia a la flexión de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023?
- ¿Cuánto influye la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Analizar la variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023.



### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Estimar el cambio de la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023.
- Cuantificar la variación de la resistencia a la flexión de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023.
- Calcular la influencia de la resistencia a la compresión axial de los muros reforzados con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023.

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación teórica**

En el Perú, es común que las construcciones se realicen sin ninguna orientación técnica, por esta razón el presente estudio busca superar esa deficiencia y dar un sustento teórico para la construcción de viviendas de adobe. Además, en este estudio también se estableció la dosis óptima con adición de fibra de corteza de eucalipto para mejorar el comportamiento del adobe.

### **1.3.2. Justificación práctica**

Como las fibras son más eficaces cuando el adobe aún no ha fraguado, también pueden funcionar como refuerzo secundario. Por ello, una vez concluida esta investigación, la población local y las empresas constructoras comprenderán mejor cómo incluir fibras de corteza de eucalipto en la construcción de muros para incrementar su resistencia mecánica.

### **1.3.3. Justificación metodología**

Dado que este estudio fue de carácter experimental, se añadió fibras de corteza de eucalipto a la muestra control en concentraciones del 10 %, 12.5 % y 15 % para compararlas con el RNE (reglamento nacional de edificaciones) y su norma técnica vigente.

## **1.4. Delimitación de la investigación**

### **1.4.1. Delimitación conceptual**

Este estudio empleó teorías concernientes a las fibras de corteza de eucalipto y analizó su impacto en la resistencia mecánica de los muros de tierra reforzada mediante ensayos mecánicos de laboratorio con adiciones en porcentajes proporcionales, dado que, al tratarse de un método constructivo, los resultados arrojaron luz sobre la causa-efecto generada por la variable independiente y la variable dependiente.

#### **1.4.2. Delimitación espacial**

En el presente estudio, los trabajos fueron realizados en campo en la comunidad de Unuraqui, distrito, provincia de Calca, y departamento del Cusco.

#### **1.4.3. Delimitación temporal**

El estudio analizó los datos de los últimos cinco años, es decir, de 2019 a 2023. La investigación tuvo 12 semanas desde su etapa de inicio hasta la aprobación de esta.

#### **1.4.4. Importancia**

Como es bien sabido que los aditivos químicos y sintéticos suelen ser costosos, provocan sobrecostos en los proyectos de construcción, por ello este estudio fue de suma importancia para los profesionales de la industria de la construcción y para los pobladores, ya que apporto conocimientos sobre el uso de materiales naturales como aditivos. De igual manera, para las empresas constructoras que deseen innovar y obtener una mejor calidad constructiva de las viviendas de adobe, especialmente las sismorresistentes.

### **1.5. Hipótesis y variables**

#### **1.5.1. Hipótesis**

##### **1.5.1.1. Hipótesis general**

El análisis de variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto varía significativamente, Calca, Cusco 2023.

##### **1.5.1.2. Hipótesis específicas**

- La resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto cambia considerablemente Calca, Cusco 2023.
- La resistencia a la flexión de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto varía moderadamente, Calca, Cusco 2023.
- La resistencia a la compresión axial de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto influye significativamente, Calca, Cusco 2023.

## 1.5.2. Variables

### 1.5.2.1. Operacionalización de variables

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable independiente: Fibra de corteza de eucalipto.	Las fibras se clasifican de acuerdo con la parte de la planta de la que se extraen, <sup>(7)</sup> sus características técnicas y su fácil manipulación e importancia y la gran capacidad de absorción de agua que genera este material. <sup>(8)</sup>	Las fibras de la corteza de eucalipto se operacionalizaron mediante sus dimensiones: dosificaciones y propiedad física, a la vez a través de sus cinco indicadores.	D1: Dosificaciones.	I1: 10.0% I2: 12.5% I3: 15.0% I1: % Humedad (°C) I2: Densidad	Razón / Intervalo.
Variable dependiente: Resistencia mecánica.	Los investigadores se han preocupado por la extrema vulnerabilidad estructural de las viviendas de adobe, por ello se han analizado respuestas del material ante posibles sismos y las resistencias mecánicas del material. <sup>(9)</sup>	La resistencia mecánica de muros de adobe se operacionalizó mediante sus dimensiones: resistencia a la compresión diagonal, flexión y compresión de axial en pilas, y a la vez de sus nueve indicadores.	D1: Resistencia a la compresión diagonal. D2: Resistencia a la flexión. D3: Resistencia a la compresión axial.	I1: 6 ensayos I2: 28 días I3: kgf/cm <sup>2</sup> I1: 6 ensayos I2: 28 días I3: kgf/cm <sup>2</sup> I1: 6 ensayos I2: 28 días I3: kgf/cm <sup>2</sup>	

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Catalán et al. (2019), en su investigación, fijaron como objetivo obtener la resistencia mecánica de la mampostería de los muros de tierra, aplicaron la metodología, tipo aplicada y diseño experimental, que se hicieron a una muestra aleatoria de pilas y muretes de adobe a 30 y 60 días, respectivamente. Obtuvieron resultados promedios en la resistencia a compresión ( $f'_b$ ) de 1.23 MPa, en la resistencia a compresión diagonal ( $f'_t$ ) 0.11 MPa y, finalmente, para la resistencia a flexión (Mr.) 0.053 MPa. El artículo concluye que el adobe tiene unas propiedades mecánicas pobres. Esto es cierto respecto a su esfuerzo de flexión. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo estudios para mejorar las propiedades mecánicas del adobe añadiendo nuevos componentes <sup>(10)</sup>.

Galarza (2020), en su trabajo investigación, fijo como objetivo desarrollar fábricas de tierra estabilizadas a base de arcillas, reforzadas con fibra de bagazo de caña de azúcar, cementales y aglutinantes locales. La metodología fue aplicada, cuantitativa y experimental, manipulo con dosificaciones de (FBCA + nopal + acetato) a edades de 7, 14 y 28 días, respectivamente. Los resultados promedios del ensayo para la  $f'_b$  fueron de (43.23, 52.62, 18.35, 15.90 y 49.35 kgf/cm<sup>2</sup>), para la Mr. (49.50, 63.30, 15.30, 12.20 y 67.68 kgf/cm<sup>2</sup>). Este estudio llega a la conclusión que, del ensayo realizado con inserción de fibras, aglutinantes y cementales, incrementan significativamente las propiedades de resistencia mecánica del adobe de tierra, haciéndolo viable su construcción <sup>(11)</sup>.

Palanisamy y Kumar (2022), en su trabajo de investigación, fijaron como objetivo centrarse en el estudio de las características de resistencia y durabilidad de GPEB con combinaciones de

(FA, GGBS, suelo, QD) (0,5:0,5:1,75:0,25) 1% de residuos de fibra de coco y 10% de molaridad de solución alcalina. La metodología se aplicó, cuantitativa y experimental, a 7 y 28 días, respectivamente. Los resultados alcanzaron para la  $f'b$  (5.80, 4.16 y 3.24 MPa) y (6.51, 4.53 y 3.97 MPa), para la  $Mr$  de 28 días (4.20, 4.32 y 3.95 MPa). Se concluye que los estudios experimentales razonaron que GPEB se considera adecuado y ecológico en comparación con los ladrillos tradicionales, por lo que proponen eficazmente estructuras de carga y desarrollo de muros divisorios <sup>(12)</sup>.

Silva et al., (2022), en su trabajo de investigación, fijaron como objetivo formar el buen uso de los materiales tradicionales como: cal, barro, paja de monte y mucilago de nopal. La metodología fue aplicada, cuantitativa y experimental, manipularon con la dosificación Nro. 2 (B:C:N:P, 6.5:1.5:2:1%) a edades de 14, 21 y 56 días, respectivamente. Los resultados alcanzaron los valores para la  $f'b$  de (0.35, 0.53 y 0.62 MPa), para la  $Mr$ . (0.124, 0.141 y 0.249 MPa). Este artículo concluye que la dosificación dos presenta resistencias mecánicas superiores, siendo la óptima para su aplicación en procesos de restauración, dado que representan una media de las resistencias respecto a las otras dosificaciones analizadas <sup>(13)</sup>.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Huanca (2021), en su trabajo de investigación, se planteó como objetivo determinar cómo influye la fibra de eucalipto en las propiedades térmicas y mecánicas del adobe, se aplicó la metodología, diseño experimental, nivel explicativo, enfoque cuantitativo y de muestreo no probabilístico, manipuló dosificaciones de (0 % 1% 2.5 % y 4 %) en 28 días. Los resultados fijaron para la resistencia compresión promedio de la muestra patrón (MP) 48.41 kgf/cm<sup>2</sup>, para las adiciones (50.21, 52.14 y 55.49 kgf/cm<sup>2</sup>), para la resistencia a flexión para (MP) 9.88 kgf/cm<sup>2</sup>, para las adiciones (12.05, 13.02 y 14.04 kgf/cm<sup>2</sup>). Llego a la conclusión que la resistencia mecánica del adobe alcanza resistencias superiores a lo especificado por la Norma Técnica E.080 y a la MP <sup>(14)</sup>.

Báez (2022), en su trabajo de investigación, tuvo el objetivo de determinar las propiedades físicas mecánicas del adobe reforzado con fibra de queñoa. Utilizo el enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño experimental, nivel explicativo y, de muestreo no probabilístico, la técnica fue de observación directa y el instrumento el formulario de registro de datos, manipuló dosificaciones de (0%, 0.8%, 1.5% y 3.2%) en edad de 28 días. Los resultados promedios alcanzaron para la  $Mr$ . de la MP (5.6 kgf/cm<sup>2</sup>), con adiciones de (5.27, 6.24 y 9.05 kgf/cm<sup>2</sup>). La  $f'b$  de la MP (9.75 kgf/cm<sup>2</sup>), con añadiduras (9.78, 10.11 y 11.23 kgf/cm<sup>2</sup>). Para la resistencia a la compresión diagonal de la MP (0.80 kgf/cm<sup>2</sup>), con adiciones (0.80, 0.81, y 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>). Se concluye que la propiedad mecánica de los muros de tierra con porcentajes de 1.5 % y 3.2

% mejoran significativamente en comparación con la MP; sin embargo, no cumplen con los requisitos de la resistencia última de la NTE E.080 <sup>(15)</sup>.

Flórez y Limpe (2019), en su trabajo investigación, fijaron como objetivo comprobar la influencia de la añadidura de fibra de maguey en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe tradicional, la metodología fue de tipo cuantitativo, descriptiva-explicativa, diseño cuasi experimental, manipularon dosificaciones de (0%, 0.5%, 0.15% y 0.20%) a una edad de 28 días, respectivamente. Los resultados promedios determinaron para la Mr. de la MP (5.71 y 4.85 kgf/cm<sup>2</sup>), con añadidura de 0.5% (5.18 kgf/cm<sup>2</sup>), con 0.15% (5.81 kgf/cm<sup>2</sup>), y con 0.20% (6.45 kgf/cm<sup>2</sup>), para la resistencia a compresión la MP (8.56 y 8.11 kgf/cm<sup>2</sup>), con añadidura de 0.5% (8.49 kgf/cm<sup>2</sup>), con 0.15% (8.95 kgf/cm<sup>2</sup>), y con 0.20% (9.07 kgf/cm<sup>2</sup>) y para la resistencia a compresión diagonal de la MP (0.43 y 0.40 kgf/cm<sup>2</sup>), con adición de 0.5% (0.40 kgf/cm<sup>2</sup>), con 0.15% (0.48 kgf/cm<sup>2</sup>), y con 0.20% (0.55 kgf/cm<sup>2</sup>). Concluyeron que la resistencia a la compresión, flexión y compresión diagonal cumplen con los estándares de la norma técnica E.080 y superan la resistencia con respecto a la MP <sup>(16)</sup>.

Guevara y Merino (2022), en su estudio de grado, fijaron como objetivo comparar las características del bloque de tierra reforzado con fibras de Arundo Donax (AD) y el bloque de adobe sin refuerzo, utilizaron la metodología de nivel descriptiva-comparativa, diseño transversal, razonamiento hipotético-deductivo, muestro no probabilístico, técnica de observación mediante formatos de los ensayos, manipularon dosificaciones de (0 cm, y 39 cm a cada 4 fibras diagonales) a una edad de 28 días. Alcanzaron resultados promedios para la f<sup>c</sup> en la MP (9.92 kgf/cm<sup>2</sup>), con 4 fibras horizontales cada 5 cm (9.26 kgf/cm<sup>2</sup>), para la resistencia a compresión diagonal la MP (0.58 kgf/cm<sup>2</sup>), con 4 fibras horizontales cada 5 cm (0.53 kgf/cm<sup>2</sup>). Concluyeron que adicionar fibras de AD prevalecen valores significativos en relación con la resistencia determinada por la NTE E.080; sin embargo, obtienen resultados inferiores a la MC <sup>(17)</sup>.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Presentación del árbol de eucalipto y su fibra de la corteza**

En Perú, se pueden encontrar varias especies de pinos y eucaliptos. Todas estas especies exóticas fueron traídas a EE.UU. desde otras partes del mundo como resultado de iniciativas gubernamentales y sin ánimo de lucro. Durante los últimos 150 años, sus usos principales se han centrado en la restauración de los bosques mediante la forestación y la reforestación. El propósito de muchas de estas importaciones era ver qué tal se desarrollarían estas especies en los ecosistemas alterados de nuestros lugares. Los entornos naturales de estos árboles soportan

una amplia variedad de condiciones climáticas y edáficas ideales para su crecimiento. Su introducción y posterior éxito en muchas naciones, entre ellas Perú, puede atribuirse a su amplio y diverso acervo genético. En la década de 1980, las plantaciones de la región de Cusco se establecieron gracias a acuerdos con organizaciones que proporcionaban apoyo financiero internacional. Todas las plantaciones se encuentran concretamente en las provincias de Anta, Quispicanchi, Paucartambo y Cusco. Estas provincias utilizan sobre todo especies de Eucaliptus y Pinos industriales y forestales nativas para plantaciones agroforestales o de conservación y recuperación de suelos. En 1984, el área experimental Ccasacancha (3800 m.s.n.m.), se iniciaron los ensayos de introducción de plantas foráneas del género Eucaliptus<sup>(18)</sup>.

#### **2.2.1.1. Definición de la propiedad física de la fibra de eucalipto**

Las magnitudes y la volatilidad de las características físicas, morfológicas, térmicas y nanomecánicas de la fibra de la corteza de eucalipto determinan una densidad y módulo elástico en tensión que están dentro de los rangos que podrían justificar su aplicabilidad como fibra de refuerzo.<sup>(19)</sup> Además de su promesa como material innovador respetuoso con el medioambiente, el eucalipto es un árbol que se reproduce rápidamente; la fibra extraída de la madera de eucalipto es artificial, pero de origen vegetal y no sintético. Los productos creados son buenos para el medioambiente porque son reciclables y biodegradables por su composición de celulosa. En la mayoría de los casos, la fibra se descompone en las instalaciones de tratamiento de residuos en ocho días<sup>(20)</sup>.

#### **2.2.1.2. Características de la fibra de eucalipto**

A pesar de las propiedades técnicas positivas y los bajos costos asociados a su fibra, el impacto medioambiental es significativo. Su conductividad térmica se observa que cuanto menor es la densidad, mayor es el aislamiento térmico, y sus densidades oscilan entre 25 y 100 kg/cm<sup>3</sup>. Se distinguen por la corteza de eucalipto que determina las opciones de procesamiento mecánico, para obtener un ingrediente fibroso correcto para la elaboración de una variedad de productos. Además, su mayor inercia térmica reduce el impacto de las variaciones de la temperatura exterior en la temperatura interior de la vivienda<sup>(3)</sup>.



**Figura 2. Plantaciones y maderamen de eucalipto. A) Árboles de eucalipto; B) Aserradero de eucalipto. Ambas imágenes tomadas de la zona de estudio, comunidad Unuraqui, distrito de Calca, provincia y departamento de Cusco**

En este contexto, los desechos, el serrín, las virutas y las fibras de la corteza son solo algunos subproductos del trabajo de la madera de eucalipto que se encuentra en forma de diminutas partículas sobrantes de la industria de transformación de la madera. Se reciclan y se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde la estabilización de adobes de tierra hasta la fabricación de tableros prensados.

### 2.2.1.3. Dosificación y volumen

En este estudio, se determinó con la mezcla del adobe en relación de la paja tradicional, para ello se establecieron las cantidades de cada espécimen que estuvo distribuida según a los volúmenes de 10 %, 12.5 % y 15 % de FCE (fibra de corteza de eucalipto), respectivamente. También, se le identificó a cada muestra con un código, para la MC (muestra control), para la  $f^t$  (resistencia a compresión diagonal), para la  $M_r$  (resistencia a la flexión) y por último para la  $f^m$  (resistencia a compresión en pilas).

**Tabla 2. Dosificación de volumen para cada ensayo mecánico**

Ítem	Espécimen	Control	Volumen
1	Muestra control (MC)	Sin fibra	0.0%
2	Resistencia a la compresión diagonal ( $f^t$ )	Con fibra (FCE)	10.0%
3	Resistencia a la flexión ( $M_r$ )	Con fibra (FCE)	12.5%
4	Resistencia a la compresión pilas ( $f^m$ )	Con fibra (FCE)	15.0%

Nota: FCE: Fibra de corteza de eucalipto. El volumen se reemplazó en relación con la paja tradicional

### 2.2.1.4. Ensayo de humedad de la fibra de eucalipto

La resistencia de la madera se ve afectada por su contenido de humedad, y cuando este aumenta, el material se hincha. Secar la madera del 10% al 5% requiere exponerla a un ambiente con una humedad relativa del 25%, asimismo, la madera suele tener un contenido de humedad en torno al 8-25%. La técnica del peso seco es una forma rápida y sencilla de estimar el



contenido de humedad típico de la madera. <sup>(21)</sup> Para calcular la humedad relativa de la FCE se debe tener presente la siguiente ecuación 2.1.

(Ec. 2.1)

Donde:

%H = Contenido de humedad

M<sub>1</sub> = Muestra saturada

M<sub>2</sub> = Muestra seca

### **2.2.1.5. Densidad, resistencia estática y mecánica del eucalipto**

La densidad oscila entre unos 780 y 830 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente, en función del tamaño y la masa del tronco. Su resistencia estática a la tracción es de unos 1 420 kgf/cm<sup>2</sup>, y su resistencia a la compresión de unos 760 kgf/cm<sup>2</sup>. La madera de eucalipto no presenta inconvenientes como material de construcción si se mantiene seca, aunque su durabilidad es modesta antes de talarla por la exposición a diferentes agentes naturales como el viento, el sol, la lluvia y los insectos. En comparación con los árboles maduros, con un coeficiente de contracción volumétrica que disminuye con la edad y entran en relajación, los árboles más jóvenes tienen mayor tensión interna para la madera nerviosa, que llegan a tener hasta un 0.73 % <sup>(22)</sup>.

### **2.2.2. Adobe tradicional y sus características**

Según la Norma Técnica E.080, lo define como “una unidad de tierra cruda que puede reforzarse añadiendo paja y arena gruesa”, y también se utiliza en la construcción de viviendas de adobe con mortero de barro. Cuando se mezcla con agua, la arcilla se ablanda y se vuelve flexible, lo que le permite unir las partículas inertes del suelo; cuando se seca, adquiere resistencia en seco y está lista para ser trabajada como una unidad. Las gravas son materiales inertes, no vivos, que se disuelven en agua y pierden sus cualidades cohesivas. <sup>(23)</sup> Similarmente, la norma ASTM D-2216, señala que las partículas de piedra que componen las gravas finas deben pasar por una malla del Nro. 30 y del Nro. 4, mientras que las que componen las gravas gruesas deben medir entre 0.08 y 4.75 mm. <sup>(24)</sup> Por otro lado, sus características en su integridad las estructuras de adobe de tierra puede verse comprometida debido a la pérdida de agua durante el proceso de secado, ya que el adobe de tierra se compone principalmente de arcilla, limo, paja, arena y agua. Los factores mencionados, junto con los efectos del clima y la erosión, hacen necesario el uso de cubiertas temporales.

### 2.2.3. Adobe reforzado y sus características

Se define como adobe que ha sido mezclado con materiales adicionales como cal, aditivos químicos, mucílagos, asfalto frío y caliente, aglutinantes, cenizas, fibras animales, vegetales y sintéticas. El objetivo de adicionar estos materiales es incrementar su resistencia a la compresión, la flexión y estabilizar su propiedad física ante la humedad.<sup>(25)</sup> Para edificar con tierra reforzada debe verificarse que la tierra no contenga adecuada presencia de arcilla. La composición del adobe consistiría en arcilla en un rango del 10-20%, limo en un rango del 15-25% y arena en un rango del 5-75%. Es importante señalar que esta composición no tiene en cuenta la existencia de partículas de más de 3/8 de pulgada de diámetro. El agua tiene que estar limpia, desprovista de cantidades peligrosas de aceite y libre de restos orgánicos, sales y partículas en suspensión para que pueda considerarse potable. Un grosor mínimo de muros de 0.40 m, una planta simétrica respecto a los ejes principales, el grosor, la densidad y la altura libre de los muros, la distancia entre los arriostramientos verticales y la anchura de los vanos, así como los materiales y las técnicas de construcción de la obra, deben aplicarse de forma continua y homogénea, son requisitos de estos edificios con tierra reforzada<sup>(23)</sup>.

### 2.2.4. Ventajas y desventajas del adobe

**Tabla 3. Ventajas y desventajas del adobe**

Ítem	Ventajas	Desventajas
1	Al estar situada en la zona de construcción de la vivienda, la tierra para la producción de adobe está convenientemente cerca.	Cuando se trata de desastres naturales como terremotos, lluvias e inundaciones, las construcciones de adobe necesitan refuerzos como grandes voladizos en el tejado y aleros.
2	Las viviendas de adobe son baratas de construir y necesitan pocos materiales.	Fragilidad ante el agua, vulnerabilidad ante sismos, mantenimiento constante, susceptibilidad a insectos y roedores, limitantes en el diseño arquitectónico entre otros.
3	Debido a la prevalencia de los métodos de bricolaje, la mano de obra experta es innecesaria.	El espacio es insuficiente debido a la superficie del muro.
4	Las viejas unidades de adobe pueden reutilizarse en nuevos edificios, o pueden romperse y aprovechar el material en otros lugares.	Los pasillos están restringidos en cuanto a anchura.
5	Los fuertes muros de adobe y su compacidad contribuyen a la calidad acústica de una vivienda de adobe.	Los edificios de adobe no suelen tener más de tres pisos, aunque algunos utilizan materiales más ligeros, como la quincha.

*Tomada y adaptada de Flórez y Limpe, 2019<sup>(16)</sup>*

### 2.2.5. Resistencia mecánica

Los muros de adobe tienen una resistencia a la compresión adecuada para soportar la carga ejercida por la tierra. El problema surge cuando se aplican cargas sísmicas horizontales en dirección perpendicular al plano del muro. La capacidad de absorber las presiones cortantes es crucial para su resistencia. Además, debe cumplir el requisito mínimo de la resistencia última establecida.<sup>(16)</sup> En este sentido, se analizaron los métodos más utilizados para evaluar las propiedades de las resistencias mecánicas de los muros de tierra, se realizaron tres tipos de ensayos, compresión diagonal, flexión y axial.

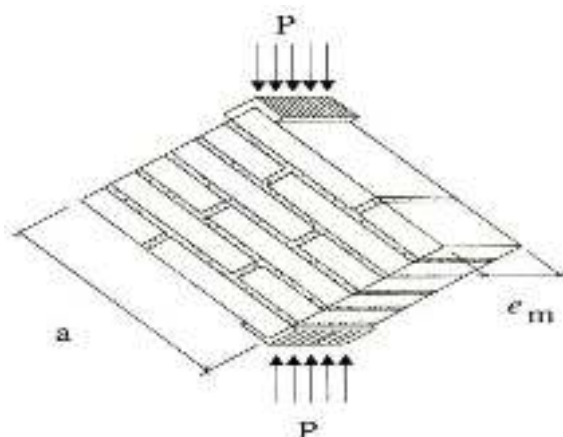
**Tabla 4. Resistencia última establecida de los muros de adobe**

Ítem	Ensayo de esfuerzo a rotura	Resistencia última (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	Resistencia a la compresión diagonal ( $f^t$ )	0,25
2	Resistencia a la Flexión ( $M_r$ )	1,42
3	Resistencia a la compresión axial en pilas ( $f^m$ )	6,12

*Tomada y adaptada de Norma Técnica E.080, 2017<sup>(23)</sup>*

#### 2.2.5.1. Resistencia a la compresión diagonal

Se define como un valor que supere el 80 % de las probetas a ensayar y para ello se toma la resistencia obtenida del ensayo en función del área de la selección transversal. Además, tras 28 días de secado, la media de las cuatro mejores muestras de seis especímenes debe ser como mínimo la resistencia última indicada. Los muretes deben cumplir como mínimo las medidas de 0.65 m x 0.65 m X<sub>em</sub>, tal como se muestra en la Figura 3. Debe quedar claro que el resultado de las pruebas del murete se utilizará como indicador de la calidad del muro aplicando la Ecuación 2.2<sup>(23)</sup>.



**Figura 3. Esquema de resistencia diagonal.**  
*Tomada de la Norma Técnica E.080, 2017<sup>(23)</sup>*

(Ec. 2.2)

Donde:

$f^*t$  = Resistencia última a compresión diagonal (kgf/cm<sup>2</sup>)

P = Carga máxima de rotura (kg)

a = Distancias promedio de la base y altura (cm)

$e_m$  = Ancho de murete (cm)

### 2.2.5.2. Resistencia a la flexión (Mr)

El procedimiento se refiere al ensayo de determinar la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre los apoyos. Este ensayo en particular requiere el uso de una máquina de compresión, en que la unidad entera se coloca en un vano y se somete a una carga que se suministra centralmente en la muestra. La probeta se dobla hasta que se rompe, simulando un esfuerzo de tracción<sup>(26)</sup>. Para ejecutar el procedimiento, se evaluó la configuración del diagrama mostrado en la Figura 4 y se utilizó la Ecuación 2.3.

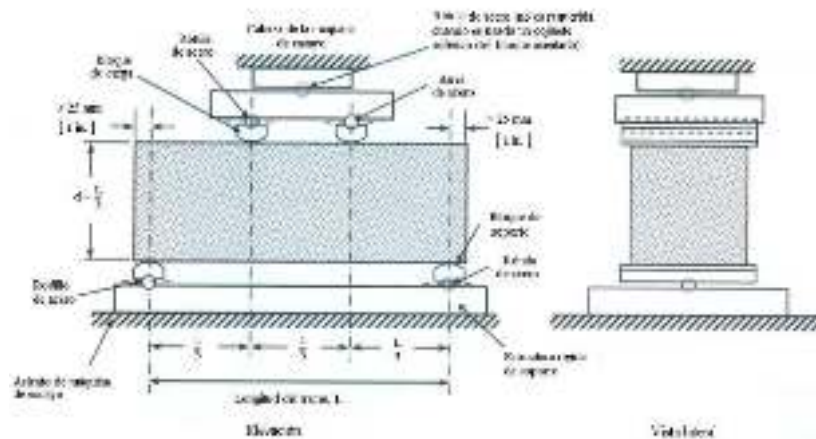


Figura 4. Esquema de resistencia a la flexión.  
Tomada de la NTP 339.078, 2022<sup>(26)</sup>

(Ec. 2.3)

Donde:

Mr = Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)

P = Carga máxima de rotura (kg)

L = Luz libre entre apoyos (cm)

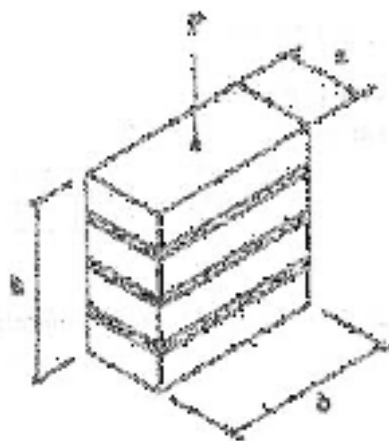
b = Ancho de espécimen (cm)

h = Altura de espécimen (cm)

### 2.2.5.3. Resistencia a la compresión axial en pilas

Este ensayo es significativo para la albañilería de adobe de tierra, determina la mayor fuerza axial que puede ejercerse sobre una sección dada del muro cuando se encuentra en condición de fuerza pura. Además, tras 28 días de secado, la media de las cuatro mejores muestras de seis especímenes debe ser como mínimo la resistencia última indicada. La altura de la prueba debe ser tres veces la dimensión más pequeña de la base aproximadamente<sup>(23)</sup>.

En este contexto, se consideró el esquema representado en la figura 5 y la Ecuación 2.4 para determinar la resistencia media a la compresión axial en pilas de las mejores cuatro muestras de las seis ensayadas. Por lo que se fabricaron adobes en medidas de 40 x 18 x 12 cm.



*Figura 5. Esquema de resistencia a compresión axial  
Tomado de la Norma Técnica E.080, 2017)<sup>(23)</sup>*

(Ec. 2.4)

Donde:

$f_t$  = Resistencia última a compresión diagonal (kgf/cm<sup>2</sup>)

P = Carga máxima aplicada al murete (kg)

a = Ancho del murete (cm)

b = Largo del murete (cm)

h = Altura del murete (cm)

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Método y alcance de la investigación**

#### **3.3.1. Método: Científico**

Se utilizó el método científico para recopilar datos que puedan utilizarse para ampliar, aclarar y aplicar la información existente <sup>(4)</sup>. Además, porque agregó información sobre la resistencia mecánica procedente de estudios anteriores, analizó y aclaró los datos en función de sus magnitudes y ocurrencias.

#### **3.3.2. Tipo**

Este tipo de investigación se abastece del tipo puro; se basa en los hallazgos, revelaciones y soluciones que se plantearon en el objetivo del estudio <sup>(27)</sup>. Con base en esta definición, este estudio fue de tipo aplicada, dado que la teoría se encargó de resolver y solucionar los problemas prácticos de la población con viviendas de adobe tradicional, mediante el reforzamiento de fibra de corteza de eucalipto para mejorar la resistencia mecánica.

#### **3.3.3. Nivel**

El estudio fue nivel explicativo porque puede construirse de forma que se demuestre la causalidad entre variables, ya que son más profundas y se estructuran en contextos más amplios de sus características que establece causa – efecto <sup>(27)</sup>. Además, ya que hizo hincapié principalmente en dilucidar la relación causa-efecto entre las variables independientes y dependientes.

### **3.2. Materiales y métodos**

#### **3.2.1. Diseño**

Aplicar un estímulo, intervención o tratamiento a un caso, proceso, individuo o grupo para observar su efecto sobre una o más variables es un ejemplo de diseño experimental <sup>(28)</sup>, y un experimento puro puede llevarse a cabo tanto en ensayos de laboratorio como de campo; en los primeros, los efectos pueden controlarse de forma más estricta, el segundo, los ensayos se efectúan en un entorno auténtico y connatural.<sup>(27)</sup> Este estudio se basó en un diseño experimental puro, ya que modificó intencionadamente las variables mediante ensayos de laboratorio controlados para evaluar su comportamiento de influencia en el refuerzo de muros de tierra con fibra de corteza de eucalipto.

### 3.2.2. Población, muestra y muestreo

#### 3.2.2.1. Población

Es el conjunto o universo de instancias que cumplen ciertos requisitos <sup>(28)</sup>. Basándonos en esta definición, la población la formaron un total de 352 unidades de adobe en medidas de (40 cm x 18 cm x 12 cm), los que se utilizaron en ensayos de resistencia a la compresión diagonal, a la compresión axial en pilas y resistencia a la flexión.

#### 3.2.2.2. Muestra

Por muestra se entiende una porción más pequeña y seleccionada de la población estudiada, de la que se obtendrán los datos pertinentes <sup>(28)</sup>. Según esta definición, en el presente estudio la muestra la constituyeron 300 unidades de adobe en medidas de (40 cm x 18 cm x 12 cm), tal como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5. Cantidad muestral y poblacional del estudio**

Ítem	% FCE	Diagonal	Flexión	Axial	Muestra	Población
1	0.0%	45	6	24	75	88
2	10.0%	45	6	24	75	88
3	12.5%	45	6	24	75	88
4	15.0%	45	6	24	75	88
Total		180	24	96	300	352

#### 3.2.2.3. Muestreo

La selección de las unidades no se basa en el azar, sino en consideraciones asociadas a las particularidades y el entorno del estudio <sup>(28)</sup>. Según esta afirmación, el método de muestreo empleado en este estudio fue el muestreo intencional no probabilístico, mediante el cual el investigador seleccionó deliberadamente a los adobes basándose en el planteamiento del problema y el alcance de la investigación.

### 3.2.3. Técnica e instrumentos de recolección de datos

#### 3.2.3.1. Técnica

Las técnicas no son el objetivo, sino un medio para alcanzar un fin: responden a la pregunta “¿cómo?”, y permiten que el estudio avance científica y metodológicamente<sup>(27)</sup>. El investigador desempeñó un papel integral en la elaboración de la investigación, por lo que se utilizó la técnica de observación directa en este estudio.

#### 3.2.3.2. Instrumento

Los instrumentos son los medios para alcanzar los objetivos del estudio<sup>(27)</sup>. Según esta definición, la ficha de recogida de datos se utilizó como instrumento principal en esta investigación, junto con los experimentos previstos que determinaron la resistencia mecánica.

#### 3.2.4. Validez

El nivel de validez de un instrumento viene determinado por lo bien que mide el constructo objetivo. Requiere comparar el concepto y el instrumento que se utilizará para obtener<sup>(29)</sup>. Basándose en esta afirmación, en este estudio tres expertos cualificados con un profundo conocimiento de la construcción de viviendas de tierra evaluaron la validez del instrumento, el cual alcanzó un valor medio de 0.887 según a la Tabla 6, lo que indica una excelente validez de acuerdo con la Tabla 7 de escala de rangos del instrumento.

**Tabla 6. Validez por juicio de expertos**

Ítem	Apellidos y nombres	Especialidad	CIP	Validez
1	Meza del Castillo, Sami	Ingeniero civil	161654	0.71
3	Benites Quispe, Santos E.	Ingeniero civil	189810	0.98
3	Jara Pacheco, Néstor Raúl	Ingeniero civil	167407	0.97
Total, media de validez				0,887

**Tabla 7. Escala de rangos de validez del instrumento**

ítem	Rangos	Validez
1	0.53 a menos	Nula
2	0.54 a 0.59	Baja
3	0.60 a 0.65	Válida
4	0.66 a 0.71	Muy válida
5	0.72 a 0.99	Excelente validez
6	1.0	Validez perfecta

*Tomada y adaptada de Gonzales et al., 2011<sup>(30)</sup>*



### 3.2.5. Confiabilidad

La confiabilidad de una medición depende de su correspondencia con el valor real de la variable medida. Se determina observando lo bien que se mantienen las medidas cuando se repiten en distintos periodos.<sup>(29)</sup> En este estudio se estableció la confiabilidad alta (0.98) dado que quien la respaldó son las certificaciones de los resultados de los ensayos de laboratorio y las certificaciones de calibración de los equipos utilizados y los antecedentes nacionales e internacionales de similares investigaciones.

**Tabla 8. Rangos de confiabilidad de la investigación**

Ítem	Rangos	Confiabilidad
1	0.81 - 1	Muy alta
2	0.61 – 0.80	Alta
3	0.41 – 0.60	Media
4	0.21 – 0.40	Baja
5	0 – 0.20	Muy baja

*Tomada y adaptado de Paella y Martins, 2012<sup>(31)</sup>*

### 3.2.6. Procedimientos

#### 3.2.6.1. Estudios previos

Se seleccionó los materiales de las canteras Eramocco (A), Loroahuaycco (B), Gonzalesniyol (C) y San José (D) a través de excavaciones de cuatro calicatas, todas ellas se realizaron siguiendo las indicaciones según la Norma Técnica E.050<sup>(32)</sup> (suelos y cimentaciones) del Reglamento Nacional de Edificaciones. La tabla 9 presenta las coordenadas de ubicación de cada una de las canteras utilizadas.

**Tabla 9. Ubicación de las canteras del estudio**

Ítem	Canteras	Coordenadas		Datos		
		Este (X)	Norte (Y)	Zona UTM	Cuadrante	Datum:
1	Eramocco	176490	8523619	19 sur	L	WGS84
2	Lorochayoc	176444	8523503			
3	Gonzalesniyol	175847	8523964			
4	San José	178076	8525281			



**Figura 6. Canteras del estudio. A: Cantera Eramocco; B: Cantera Lorohuaycco; C: Cantera Gonzalesniyol; D: Cantera San José. Imágenes tomadas en la zona de estudio, Unuraqui, Calca, Cusco**

### 3.2.6.2. Estudios preliminares

**Tabla 10. Resultados del ensayo preliminar de la cinta de barro**

Ítem	Cantera Eramocco		Cantera Lorohuaycco		Cantera Gonzalesniyol		Cantera San José	
	Longitud (cm)	Tipo de fisura	Longitud (cm)	Tipo de fisura	Longitud (cm)	Tipo de fisura	Longitud (cm)	Tipo de fisura
1	12.0	NF	11.0	PF	12.0	NF	10.8	PF
2	13.8	PF	10.9	NF	12.3	NF	9.8	PF
3	10.9	NF	11.30	NF	9.3	NF	13.5	NF

Nota: NF: Sin fisura; PF: Con fisura.

Para determinar la composición óptima del suelo, se llevó a cabo una serie de pruebas manuales, para la prueba de cinta de barro se evaluó su resistencia a la humedad y la sequedad de cada cantera. Para la cantera A se obtuvo longitudes de (12.0, 13.8 y 10.9 cm), para la cantera B longitudes de (11.0, 10.9 y 11.3 cm), para la cantera C longitudes de (12.0, 12.3, y 9.3 cm) y, por último, para la cantera D (10.8, 9.8, y 13.5 cm). Donde la resistencia del suelo determinó que la cantera C, no ostenta ningún tipo de fisura y con menos material de arcilla. Finalmente, se calculó las cantidades de los materiales para la población del estudio.



**Figura 7. Ensayos manuales del suelo. A) Ensayo manual de resistencia seca; B) Ensayos manuales de la cinta de barro. Imágenes tomadas en la zona de estudio, Unuraqui, Calca, Cusco**

**Tabla 11. Cantidad total de materiales para la población de estudio**

Ítem	Muestras	Paja (g)	Fibra (g)	Agua (L)	Tierra (kg)
1	Muestra control	70.00	0,00	980.00	7 700.00
2	FCE 10.0%	63.00	7.00		
3	FCE 12.5%	61.25	8.75		
4	FCE 15.0%	59.50	10.50		
	Total	253.75	26.25	980.00	7 700.00

Nota: FCE: Fibra de corteza de eucalipto



**Figura 8. Cálculo de las cantidades de material. A) Mezcla del barro; B) Elaboración de adobe en molde de dos unidades; C) Secado de las unidades de adobe a cielo abierto. Imágenes tomadas en la zona de estudio, Unuraqui, Calca, Cusco**

### 3.2.6.3. Preparación del suelo

Con datos adquiridos en los experimentos iniciales y controlados, el suelo de la cantera C se sometió a un proceso de manipulación, eliminando las malezas y piedras que superaban el tamaño de 1,5 cm mediante el cribado. Se continuó con la construcción de los adobes según el tamaño de muestra especificada para el estudio. En concreto, se fabricó 88 adobes para el grupo de control y 264 adobes para los grupos experimentales, con porcentajes variables de fibra de corteza de eucalipto de (10%, 12.5% y 15%).



**Figura 9. Elaboración de adobes. A) Preparación del barro; B) Proceso de mezclado del barro; C) Secado de las unidades de adobes a cielo abierto. Imágenes tomadas en la zona de estudio, Unuraqui, Calca, Cusco**

### 3.2.6.4. Estudios de laboratorio

Este estudio utilizó las normas nacionales e internacionales para el desarrollo de los ensayos mecánicos y físicos de los ladrillos de adobes de tierra con y sin refuerzo, como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12. Normativas utilizadas en el estudio**

Ítem	Tipo de ensayo	Normatividad
1	Granulometría por tamizado	MTC E-107-2000
		ASTM D-2216
2	Contenido de humedad natural	MTC E-108-2000
		ASTM D-422
		AASHTO T-88
3	SUCS	ASTM D-2487
4	Límite líquido	ASTM D-4318
		AASHTO T-89
5	Clasificación de suelos	AASHTO M-145
6	Resistencia a la compresión en pilas	NT E.080
7	Resistencia a la flexión	NTP 339.078
8	Resistencia a la compresión en diagonal	NT E.080

Nota: SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones; ASTM: Sociedad Estadounidense para Ensayos y Materiales; AASHTO: Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transporte Estatal; NTP: Norma Técnica Peruana.

### 3.2.6.5. Características del suelo

Se recogió una muestra de suelo de 15 kilogramos de cada cantera y se envió al laboratorio de Geotecnia V.G. con el fin de llevar a cabo los análisis granulométricos, determinación de los límites de Atterbert, medición del contenido de humedad y clasificación del suelo. Los resultados de las pruebas realizadas en las cuatro canteras se presentan en las Tablas 13 y 14. Los datos alcanzaron para la granulometría de gravas (0.0%, 0.0%, 0.0% y 0.0%), arenas (56.83%, 59.71%, 68.85% y 58.76%) y finos (43.17%, 40.29%, 31.15% y 41.24%). Los límites de consistencia, líquido (37.52%, 32.27%, 30.75% y 30.17%), plástico (29.32%, 24.19, 24.24% y 23.18%) y de plasticidad (8.20%, 8.08, 6.51% y 6.99%). La humedad natural media del suelo alcanzó los porcentajes de (11.97%, 15.17%, 9.86% y 10.12%). La clasificación de los suelos (SUCS) para las cuatro canteras fueron de tipo SM= arena limosa. Finalmente, la clasificación AASHTO fueron de tipo A-4 (2), A-4 (1), A-2-4 (2) y A-4 (1).

**Tabla 13. Resultados de granulometrías y límites de consistencia**

Canteras	Estrato (E)	Análisis granulométrico (%)			Límites de consistencia (%)			Contenido de
		Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	Humedad (%)
A	E-01	0.00	56.83	43.17	37.52	29.32	8.20	14.40
B	E-01	0.00	59.71	40.29	32.27	24.19	8.08	6.56
C	E-01	0.00	68.85	31.15	30.75	24.24	6.51	5.45
D	E-01	0.00	58.76	41.24	30.17	23.18	6.99	6.61

Nota: A: Cantera Eramocco; B: Cantera Lorohuaycco; C: Cantera Gonzalesniyol; D: Cantera San José.

**Tabla 14. Resultados de la clasificación de suelos**

Canteras	Estrato (E)	Clasificación del suelo		
		SUCS	(AASHTO)	
A	E-01	SM= Arena limosa	A-4 (2)	Partículas finas limosas
B	E-01	SM= Arena limosa	A-4 (1)	Partículas finas limosas
C	E-01	SM= Arena limosa	A-2-4 (2)	Materiales granulares con partículas finas limosas
D	E-01	SM= Arena limosa	A-4 (1)	Partículas finas limosas

Nota: A: Cantera Eramocco; B: Cantera Lorohuaycco; C: Cantera Gonzalesniyol; D: Cantera San José; SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; AASHTO: Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transporte Estatal.



**Figura 10. Ensayos físicos del suelo. A) Ensayos de granulometría; B) Ensayos de límites plástico; C) Ensayo de humedad del suelo. Imágenes tomadas del laboratorio Geotecnia V.G.**

### 3.2.6.6. Características de la fibra de la corteza de eucalipto

Para tal efecto, se procedió a recolectar las cortezas del eucalipto de la comunidad de Unuraqui ubicada a 25 minutos de la provincia de Calca, luego se trabajó su desfilado de las fibras. Así también, se determinó el cálculo de porcentaje de humedad de la fibra aplicando la Ecuación 2.1 a una temperatura de 25 °C, presentando humedad referente promedio de 13.29%, lo cual está dentro del porcentaje de 8% a 25% de humedad requerida, respectivamente.

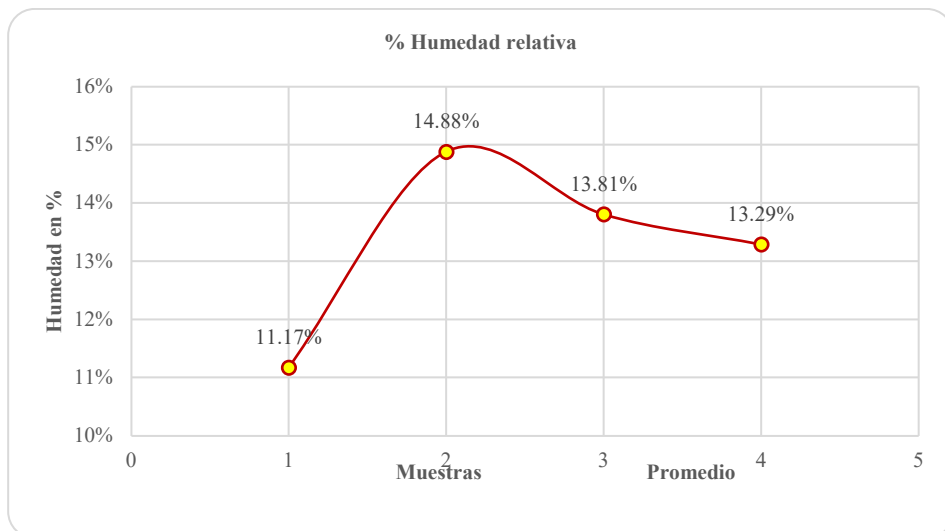




**Figura 11. Proceso de desfilado y secado de las fibras. A) Desfilado de la fibra de eucalipto; B) secado natural de la fibra de eucalipto. Imágenes tomadas de la zona de estudio, Comunidad Unuraqui**



**Figura 12. Proceso de humedad relativa. A) Peso de la fibra de eucalipto; B) Secado en horno. Imágenes tomadas del laboratorio ASPHALT**



**Figura 13. Resultado de humedad relativa de la fibra de corteza de eucalipto**

### 3.2.7. Método de análisis de datos

#### 3.2.7.1. Estimación del cambio de la resistencia diagonal

**Tabla 15. Cálculos del ensayo a compresión diagonal**

Espécimen	Dimensiones (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima	$f_t$
	a1	a2	$e_m$	$2ae_m$	P (kgf)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
MC-1	67	68	18	2430	335.00	0.14
MC-2	67	68	18	2430	325.00	0.13
MC-3	67	68	18	2430	495.00	0.20
MC-4	67	68	18	2430	366.00	0.15
MC-5	67	68	18	2430	666.00	0.27
MC-6	67	68	18	2430	586.00	0.24
FCE 10% - 1	67	68	18	2430	569.50	0.23
FCE 10% - 2	67	68	18	2430	568.75	0.23
FCE 10% - 3	67	68	18	2430	866.25	0.36
FCE 10% - 4	67	68	18	2430	622.20	0.26
FCE 10% - 5	67	68	18	2430	1145.52	0.47
FCE 10% - 6	67	68	18	2430	1013.78	0.42
FCE 12,5% - 1	67	68	18	2430	643.54	0.26
FCE 12,5% - 2	67	68	18	2430	654.06	0.27
FCE 12,5% - 3	67	68	18	2430	996.19	0.41
FCE 12,5% - 4	67	68	18	2430	721.75	0.30
FCE 12,5% - 5	67	68	18	2430	1282.98	0.53
FCE 12,5% - 6	67	68	18	2430	1155.71	0.48
FCE 15% - 1	67	68	18	2430	740.07	0.30
FCE 15% - 2	67	68	18	2430	752.17	0.31
FCE 15% - 3	67	68	18	2430	1165.54	0.48
FCE 15% - 4	67	68	18	2430	873.32	0.36
FCE 15% - 5	67	68	18	2430	1462.60	0.60
FCE 15% - 6	67	68	18	2430	1375.29	0.57

Nota: MC: Muestra control; FCE: Fibra de corteza de eucalipto; Pmax: Peso máximo.

### 3.2.7.2. Cuantificación de la variación de la resistencia a la flexión

**Tabla 16. Cálculos del ensayo a la flexión**

Especímen	Ancho (b) (cm)	Espesor (h) (cm)	Longitud del tramo (cm)	Carga máxima		$M_r$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
				KN	kgf	
MC-1	18	12	35	0.55	56.00	0.76
MC-2	18	12		0.57	58.00	0.78
MC-3	18	12		0.64	65.00	0.88
MC-4	18	12		0.61	62.00	0.84
MC-5	18	12		0.59	60.00	0.81
MC-6	18	12		0.57	58.00	0.78
FCE 10% - 1	18	12	35	0.90	92.12	1.24
FCE 10% - 2	18	12		0.91	93.09	1.26
FCE 10% - 3	18	12		1.24	126.75	1.71
FCE 10% - 4	18	12		1.16	117.80	1.59
FCE 10% - 5	18	12		1.14	115.80	1.56
FCE 10% - 6	18	12		1.09	110.78	1.50
FCE 12,5% - 1	18	12	35	0.99	101.33	1.37
FCE 12,5% - 2	18	12		1.00	102.40	1.38
FCE 12,5% - 3	18	12		1.37	139.43	1.88
FCE 12,5% - 4	18	12		1.26	128.40	1.73
FCE 12,5% - 5	18	12		1.25	127.38	1.72
FCE 12,5% - 6	18	12		1.21	122.97	1.66
FCE 15% - 1	18	12	35	1.18	120.59	1.63
FCE 15% - 2	18	12		1.16	118.78	1.60
FCE 15% - 3	18	12		1.59	161.73	2.18
FCE 15% - 4	18	12		1.47	150.23	2.03
FCE 15% - 5	18	12		1.44	146.49	1.98
FCE 15% - 6	18	12		1.40	142.64	1.93

Nota: KN: Kilo newton

### 3.2.7.3. Cálculo de la influencia de la resistencia a compresión axial



**Tabla 17. Cálculos del ensayo a la compresión axial en pilas**

Especímen	Área de carga (cm)				Carga máxima		$f_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	a	b	h	a/h	KN	Pmax (kgf)	
MC-1	18	40	54	3	43	4375	6.08
MC-2	18	40	54	3	43	4401	6.11
MC-3	18	40	54	3	45	4585	6.37
MC-4	18	40	54	3	49	4982	6.92
MC-5	18	40	54	3	45	4601	6.39
MC-6	18	40	54	3	47	4794	6.66
FCE 10% - 1	18	40	54	3	63	6475	8.99
FCE 10% - 2	18	40	54	3	63	6434	8.94
FCE 10% - 3	18	40	54	3	67	6878	9.55
FCE 10% - 4	18	40	54	3	72	7373	10.24
FCE 10% - 5	18	40	54	3	65	6671	9.27
FCE 10% - 6	18	40	54	3	69	6999	9.72
FCE 12,5% - 1	18	40	54	3	71	7200	10.00
FCE 12,5% - 2	18	40	54	3	68	6962	9.67
FCE 12,5% - 3	18	40	54	3	74	7565	10.51
FCE 12,5% - 4	18	40	54	3	78	7963	11.06
FCE 12,5% - 5	18	40	54	3	73	7405	10.29
FCE 12,5% - 6	18	40	54	3	77	7839	10.89
FCE 15% - 1	18	40	54	3	81	8233	11.44
FCE 15% - 2	18	40	54	3	77	7883	10.95
FCE 15% - 3	18	40	54	3	85	8700	12.08
FCE 15% - 4	18	40	54	3	89	9078	12.61
FCE 15% - 5	18	40	54	3	84	8516	11.83
FCE 15% - 6	18	40	54	3	89	9093	12.63

Nota: KN: Kilo newton; Pmax: Peso máximo; MC: Muestra control; FCE: Fibra de corteza de eucalipto

### 3.2.8. Aspectos éticos

En este estudio se consideraron las resoluciones del vicerrectorado de investigación científica de la Universidad Continental, los anexos complementarios y las ideas esbozadas en la guía para desarrollarla. A lo largo de este estudio se respetaron los principios de autoría, asegurando que se atribuyera el debido crédito a todos los autores. Además, se ha respetado estrictamente el formato de citación prescrito por la ISO-690.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de la zona de estudio

##### 4.1.1. Ubicación política

- País: Perú.
- Departamento: Cusco.
- Provincia: Calca.
- Distrito: Calca.

##### 4.1.2. Ubicación del estudio



*Figura 14. Ubicación provincial y distrital. A) Mapa provincial del Cusco; B) Mapa del distrito de Calca*

*Tomada del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), 2017 <sup>(33)</sup>*

##### 4.1.3. Ubicación geográfica

El nevado Pituseray, que se eleva a una altura de 4 987 metros sobre el nivel del mar, es una de las formidables cordilleras que rodean el distrito y provincia de Calca. El estudio se sitúa

geográficamente en las coordenadas latitud sur: 13° 19' 0", y longitud oeste: 71° 57' 14" a una altura aproximada de 3 266 m s. n. m.

#### **4.1.4. Límites**

La provincia de Calca es una de las trece provincias peruanas que conforman del departamento del Cusco. Limita por el norte con la provincia de la Convención, al este con el distrito de Paucartambo, al sur con el distrito de Quispicanchis y Cusco, y al oeste con la provincia de Urubamba.

#### **4.1.5. Clima**

Incluso en pleno verano, las temperaturas en la provincia de Calca rara vez superan el punto de congelación. La temperatura media anual es de 7.8 °C, mientras que la precipitación total anual es de 1612, mm. Según los datos, julio presenta los niveles de precipitación más bajos, con una media de 30 mm de lluvia, mientras que enero presenta los niveles más altos, con una media de 263 mm. Hay una variación de 233 mm en los niveles de humedad entre los meses con los niveles más bajos y altos de humedad. La desviación media anual de la temperatura es de 2.2 °C <sup>(34)</sup>.

#### **4.1.6. Características del objeto de estudio**

Unuraqui es una comuna del distrito y provincia de Calca, ubicada en las coordenadas E: 1766153.27 y N: 8523681.43. El clima típico de la zona, la humedad y las lluvias, representan una amenaza para las viviendas de los pobladores, que actualmente son de adobe de tierra, mixtas (piedra y adobe) y de madera con adobe de uno y dos niveles.

En este contexto, se emplearon estadísticas inferenciales para analizar los datos, y los resultados de cada experimento se representaron en tablas y gráficos generados con hojas de cálculo Excel. Estos resultados se alinean con el objetivo final de este estudio, que es determinar los porcentajes óptimos para la adición de fibras de corteza de eucalipto.

A continuación, se presentan los resultados mediante tablas y gráficamente en función de la secuencia de los objetivos específicos y general.

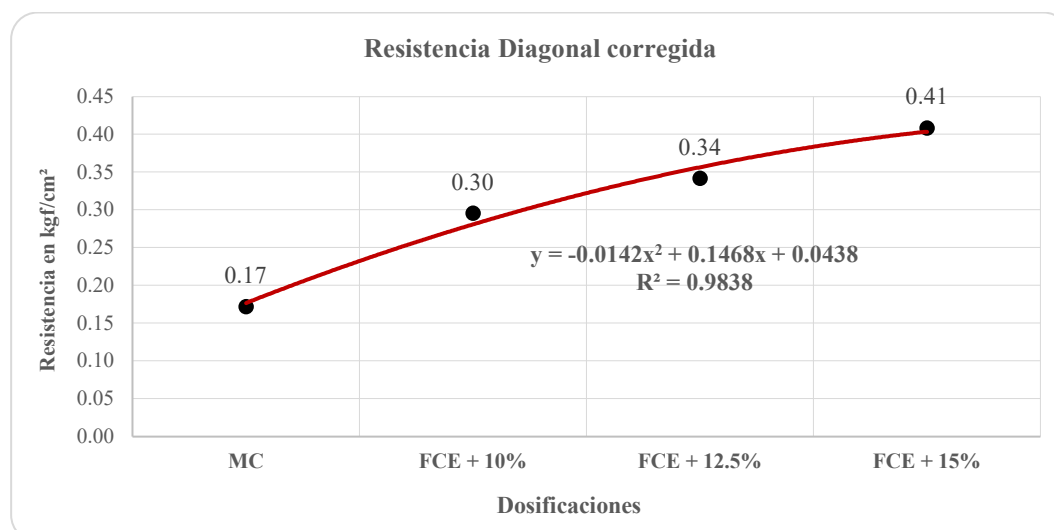
## 4.2. Presentación de resultados

### 4.2.1. Estimación del cambio de la resistencia a diagonal

**Tabla 18. Resistencia a compresión diagonal ( $f^t$ )**

Ítem	Muestra	$f^t$ promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kgf/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación (%)	$f^t$ corregida (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f^t$ mínima (kgf/cm <sup>2</sup> ) NT E.080	
1	Muestra control	0.22	0.05	21.11	0.17	0.25	No Cumple
2	FCE + 10%	0.38	0.08	21.30	0.30		Cumple
3	FCE+ 12.5%	0.43	0.09	20.16	0.34		Cumple
4	FCE + 15%	0.50	0.09	20.16%	0.41		Cumple

Nota:  $f^t$ : Resistencia a compresión diagonal; FCE: Fibra de corteza de eucalipto; NT: Norma Técnica



**Figura 15. Resistencia a compresión diagonal. MC: Muestra control; FCE: Fibra de corteza de eucalipto**

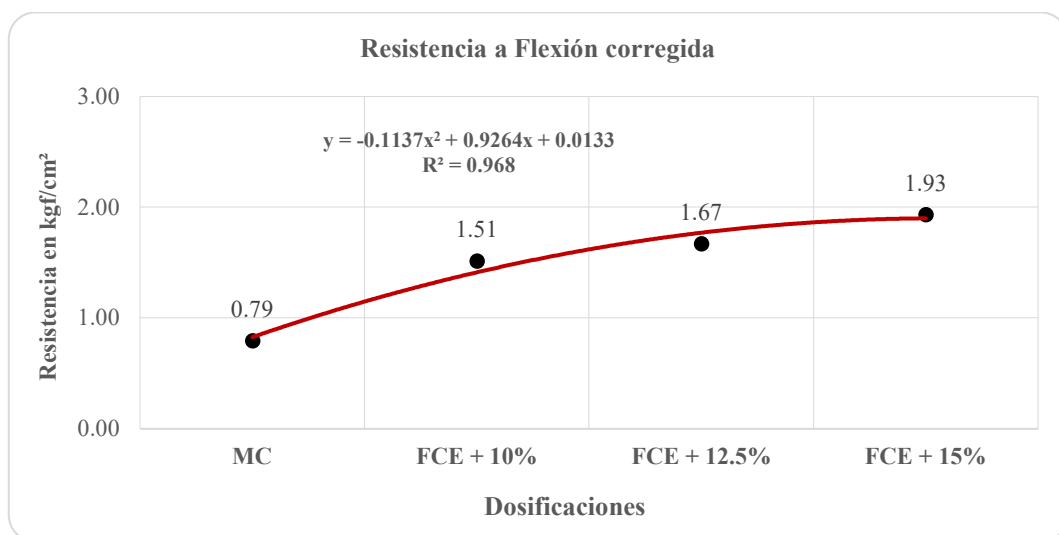
**Interpretación:** Según la tabla 19 y la figura 15, se puede inferir que la resistencia corregida a la compresión diagonal de los muros de adobe ( $f^t$ ) presentó variaciones. La muestra control (MC) demostró un valor medio de 0.17 kgf/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, cuando se añadió fibra de corteza de eucalipto FCE (Fibra de Corteza de Eucalipto) en proporciones de 10%, 12.5% y 15%, la resistencia a la compresión diagonal aumentó a 0.30 kgf/cm<sup>2</sup>, 0.34 kgf/cm<sup>2</sup> y 0.41 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La mayor mejora observada en la resistencia diagonal se registró en un valor de 0.41 kgf/cm<sup>2</sup>  $\pm$  0.09 kgf/cm<sup>2</sup>, tras la introducción de un aumento del 15% de FCE. Por lo que se establece que la resistencia tiende a incrementar.

#### 4.2.2. Cuantificación de la variación de la resistencia a la flexión

**Tabla 19. Resistencia a la flexión ( $M_r$ )**

Ítem	Muestra	$M_r$	Desviación	Coeficiente de variación (%)	$M_r$	$M_r$ mínima (kgf/cm <sup>2</sup> ) NT E.080
		promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	estándar (kgf/cm <sup>2</sup> )		corregida (kgf/cm <sup>2</sup> )	
1	Muestra control	0.83	0.03	4.22	0.79	1.42
2	FCE + 10%	1.59	0.08	4.90	1.51	Cumple
3	FCE+ 12.5%	1.75	0.08	4.68	1.67	Cumple
4	FCE + 15%	2.03	0.10	4.75	1.93	Cumple

Nota:  $M_r$ : Resistencia a la flexión; FCE: Fibra de corteza de eucalipto; NT: Norma Técnica



**Figura 16. Resistencia a la flexión. MC: Muestra control; FCE: Fibra de corteza de eucalipto**

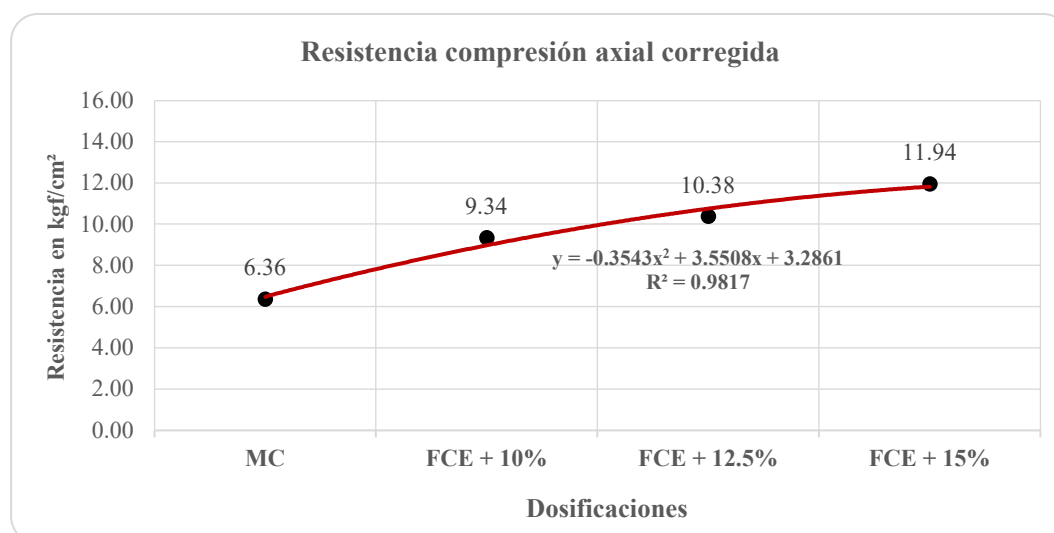
**Interpretación.** Según la tabla 20 y la figura 16, se puede inferir que la resistencia corregida a la flexión ( $M_r$ ) de la muestra control (MC) exhibió una resistencia de 0,79 kgf/cm<sup>2</sup>. En contraste, la inclusión de fibra de corteza de eucalipto (FCE) en concentraciones de 10%, 12,5% y 15% dio como resultado resistencias a la flexión de 1,51 kgf/cm<sup>2</sup>, 1,67 kgf/cm<sup>2</sup> y 1,93 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La mayor resistencia obtenida se dio con la adición del 15% FCE de 1,93 kgf/cm<sup>2</sup>  $\pm$  0,10 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Alcanzándose incrementos mayores cuando se utiliza fibras de corteza de eucalipto a mayor cantidad, por lo que se establece que la resistencia tiende a incrementar.

### 4.2.3. Cálculo de la influencia de la resistencia a la compresión axial

**Tabla 20. Resistencia a compresión axial en pilas ( $f_m$ )**

Ítem	Muestra	$f_m$	Desviación estándar (kgf/cm <sup>2</sup> )	Coeficiente de variación (%)	$f_m$	$f_m$ mínima (kgf/cm <sup>2</sup> ) NT E.080	
		promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )			corregida (kgf/cm <sup>2</sup> )		
1	Muestra control	6.58	0.22	3.41	6.36	6.12	Cumple
2	FCE + 10%	9.69	0.35	3.66	9.34		Cumple
3	FCE + 12.5%	10.69	0.31	2.86	10.38		Cumple
4	FCE + 15%	12.29	0.34	2.80	11.94		Cumple

Nota:  $f_m$ : Resistencia a la compresión axial en pilas; FCE: Fibra de corteza de eucalipto; NT: Norma Técnica



**Figura 17. Resistencia a la compresión axial. MC: Muestra control; FCE: Fibra de corteza de eucalipto**

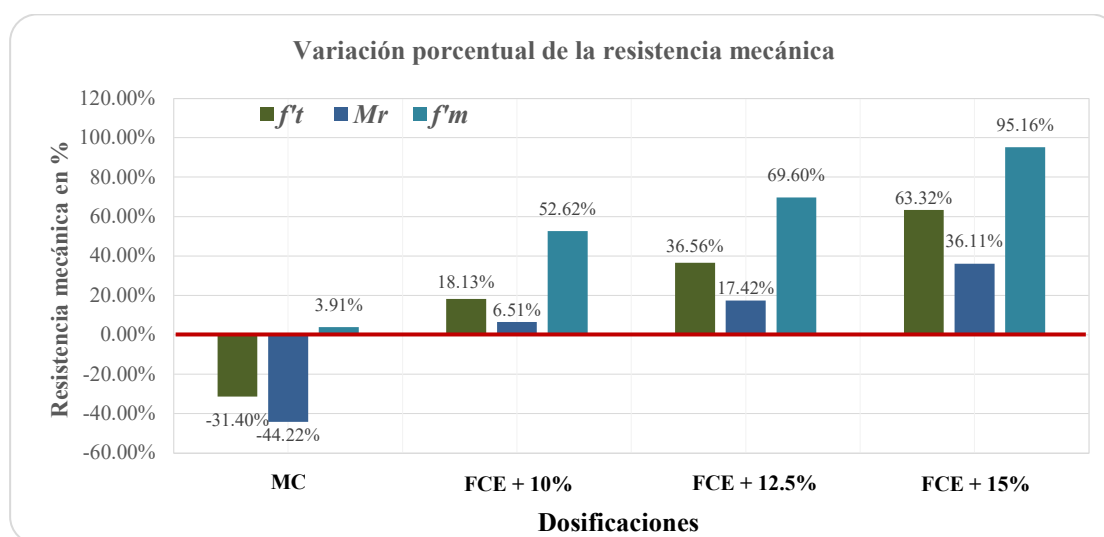
**Interpretación.** Según la tabla 21 y la figura 17, la resistencia corregida a la compresión axial ( $f_m$ ) de la muestra de control (MC) se midió en 6.36 kgf/cm<sup>2</sup>. Cuando se añadió un 10%, 12.5% o 15% de FCE, la  $f_m$  fue de 9.34 kgf/cm<sup>2</sup>, 10.38 kgf/cm<sup>2</sup> o 11.94 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La mayor resistencia alcanzada fue para la adición del 15% de FCE, donde la  $f_m = 11.94 \text{ kgf/cm}^2 \pm 0.34 \text{ kgf/cm}^2$ ; por lo que se alcanza incrementos mayores cuando se utiliza fibras de corteza de eucalipto a mayor cantidad. En consecuencia, se establece que la resistencia a compresión axial tiende a incrementar.

#### 4.2.4. Análisis de variación de la resistencia mecánica

**Tabla 21. Variación de la resistencia mecánica**

Ítem	Espécimen	Descripción	$f_t$	$M_r$	$f_m$
1	Muestra control	Resistencia obtenida (%)	-13.05	-41.76	7.58
		Varianza	3.37	0.06	0.13
		Desviación estándar (%)	18.36	2.46	3.67
		Coefficiente de variación (%)	-140.71	-5.89	48.45
Variación corregida (%)			-31.40	-44.22	3.91
2	FCE 10%	Resistencia obtenida (%)	50.11	12.00	58.41
		Varianza	10.23	0.30	0.34
		Desviación estándar (%)	31.98	5.49	5.79
		Coefficiente de variación (%)	63.81	45.75	9.92
Variación corregida (%)			18.13	6.51	52.62
3	FCE 12.5%	Resistencia obtenida (%)	71.05	23.19	74.59
		Varianza	11.90	0.33	0.25
		Desviación estándar (%)	34.49	5.76	4.99
		Coefficiente de variación (%)	48.54	24.85	6.69
Variación corregida (%)			36.56	17.42	69.60
4	FCE 15%	Resistencia obtenida (%)	100.69	42.90	100.77
		Varianza	13.96	0.46	0.32
		Desviación estándar (%)	37.37	6.79	5.62
		Coefficiente de variación (%)	37.11	15.83	5.58
Variación corregida (%)			63.32	36.11	95.16

Nota:  $f_t$ : Resistencia a compresión diagonal;  $M_r$ : Resistencia a la flexión;  $f_m$ : Resistencia a la compresión axial en pilas; FCE: Fibra de corteza de eucalipto.



**Figura 18. Variación porcentual de la resistencia mecánica.**  $f_t$ : Resistencia diagonal;  $M_r$ : Resistencia a la flexión;  $f_m$ : Resistencia axial en pilas; MC: Muestra control; FCE: Fibra de corteza de eucalipto

**Interpretación.** Según la tabla 22 y la figura 18, se infiere que la variación de la resistencia mecánica con adición de fibra de corteza de eucalipto (FCE) varían significativamente con respecto a la Norma Técnica E.080. Donde se tienen para la MC una  $f't$  de -31.40%, para el  $Mr$  de -44.22% y para la  $f'm$  de 3.91%, respectivamente. Con respecto a las adiciones de 10%, 12.5% y 15% de FCE, se tiene porcentajes para la  $f't$  de 18.13%, 36.56% y 63.32%, para el  $Mr$  de 6.51%, 17.42% y 36.11%, y finalmente, para la  $f'm$  de 52.62%, 69.60% y 95.16%. Obteniéndose la mayor variación de la resistencia mecánica con la adición del 15% de FCE; por lo que consigue acrecentamientos ascendentes, donde la resistencia tiende a aumentar.

#### 4.2.5. Contrastación de hipótesis

##### 4.2.5.1. Nivel de significancia

Nivel de significancia bilateral =  $\alpha < 0.05\%$ .

Nivel de confiabilidad 0.95%.

##### 4.2.5.2. Regla de decisión

Si  $\alpha < 0.05$ , se acepta la hipótesis alterna (H1), se rechaza la hipótesis nula (H0).

Si  $\alpha \geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula (H0), se rechaza la hipótesis alterna (H1).

##### 4.2.5.3. Hipótesis específica 1

H1. La resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto cambia considerablemente Calca, Cusco 2023.

H0. La resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto no cambia considerablemente Calca, Cusco 2023.

ANOVA					
Resistencia a compresion diagonal					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,174	3	,058	7,059	,005
Dentro de grupos	,099	12	,008		
Total	,273	15			

*Figura 19. Anova – Resistencia a la compresión diagonal en muretes*

**Interpretación.** De la figura 19, se puede ver que el valor (0.005) obtenido para la significación entre grupos es menor que el valor de significación (0.05), por lo que se acepta la hipótesis del investigador (H1) y se rechaza la hipótesis nula (H0).



Por lo tanto, la fibra de corteza de eucalipto (FCE) cambia considerablemente la resistencia a compresión diagonal de los muros de adobe, Calca, Cusco 2023.

#### 4.2.5.4. Hipótesis específica 2

HI. La resistencia a la flexión de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto varía moderadamente Calca, Cusco 2023.

HO. La resistencia a la flexión de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto no varía moderadamente Calca, Cusco 2023.

ANOVA					
Resistencia a flexión	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3,175	3	1,058	135,834	,000
Dentro de grupos	,093	12	,008		
Total	3,269	15			

*Figura 20. Anova – Resistencia a la flexión.*

**Interpretación.** De la figura 20, se puede ver que el valor (0.000) obtenido para la significación entre grupos es menor que el valor de significación (0.05), por lo que se acepta la hipótesis del investigador (H1) y se rechaza la hipótesis nula (H0).

Por lo tanto, la fibra de corteza de eucalipto (FCE) varía moderadamente la resistencia a la flexión de los muros de adobe, Calca, Cusco 2023.

#### 4.2.5.5. Hipótesis específica 3

HI. La resistencia a la compresión axial de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto influye significativamente Calca, Cusco 2023.

HO. La resistencia a la compresión axial de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto no influye significativamente Calca, Cusco 2023.

ANOVA					
Resistencia a la compresión axial	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	69,297	3	23,099	178,626	,000
Dentro de grupos	1,552	12	,129		
Total	70,849	15			

*Figura 21. Anova – Resistencia a la compresión axial en pilas*

**Interpretación.** De la figura 21, se puede ver que el valor (0.000) obtenido para la significación entre grupos es menor que el valor de significación (0.05), por lo que se acepta la hipótesis del investigador (H1) y se rechaza la hipótesis nula (H0).

Por lo tanto, la fibra de corteza de eucalipto (FCE) influye significativamente en la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe, Calca, Cusco 2023.

#### 4.2.5.6. Hipótesis general

HI. El análisis de variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto varía significativamente, Calca, Cusco 2023.

HO. El análisis de variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto no varía significativamente, Calca, Cusco 2023.

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Análisis de variación de la resistencia mecánica diagonal	Entre grupos	27872,024	3	9290,675	7,064	,005
	Dentro de grupos	15782,400	12	1315,200		
	Total	43654,424	15			
Análisis de variación de la resistencia mecánica flexión	Entre grupos	15741,775	3	5247,258	136,290	,000
	Dentro de grupos	462,008	12	38,501		
	Total	16203,783	15			
Análisis de variación de la resistencia mecánica axial	Entre grupos	18500,617	3	6166,872	178,647	,000
	Dentro de grupos	414,238	12	34,520		
	Total	18914,855	15			

**Figura 22. Anova – Análisis de variación de la resistencia mecánica**

**Interpretación.** La figura 2 presenta la evaluación experimental de la hipótesis general en el análisis de la variación de la resistencia mecánica. Los valores p obtenidos de 0,005 para la prueba diagonal (0.000), la prueba de flexión (0,000) y la prueba axial (0.000) son todos inferiores al valor de significación predeterminado ( $\alpha = 0,05$ ). Por lo que se acepta la hipótesis del investigador (HI) y se rechaza la hipótesis nula (H0).

Por lo tanto, la fibra de corteza de eucalipto (FCE) varía significativamente en la resistencia mecánica de los muros de adobe, Calca, Cusco 2023.

### 4.3. Discusión de resultados

#### 4.3.1. Discusión 1

Del ensayo de resistencia a la compresión diagonal ( $f^t$ ), la resistencia corregida de la muestra control (MC) fue de 0.17 kgf/cm<sup>2</sup>, y cuando se comparó con la adición del 10% de fibra de corteza de eucalipto (FCE), provocó un cambio significativo de  $\pm 0.080$  kgf/cm<sup>2</sup>, y lo mismo ocurrió al añadir el 12.5% de FCE  $\pm 0,086$  kgf/cm<sup>2</sup> y el 15% de FCE  $\pm 0.093$  kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Por consiguiente, cuando se adiciona FCE con un 15%, la resistencia incrementa un 138.08% con respecto a la MC, y de un 63.32% con respecto a la Norma Técnica de Edificación E.080 de diseño y construcción con tierra reforzada del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Según el análisis estadístico, el valor p de 0.005 obtenido indica un nivel de significación inferior al del  $\alpha = 0.05$ . Así pues, de acuerdo con la regla de decisión, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Al respecto, Catalán et al. (9) citado como antecedente internacional, en su trabajo de investigación, fijaron como objetivo “obtener la resistencia mecánica de la mampostería de los muros de adobe”, alcanzaron resultados para la  $f^t$  de 0.11 MPa. Luego, se tiene como antecedente nacional al autor Báez (15), en su trabajo de investigación fijó como objetivo “determinar las propiedades físicas mecánicas del adobe reforzado con fibra de queñoa”, alcanzó resultados para la  $f^t$  de 0.80 kgf/cm<sup>2</sup> y 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>. Seguidamente, se tiene como antecedente nacional a los autores Flórez y Limpe (16), en su trabajo de investigación fijaron como objetivo “determinar la influencia de la adición de fibra de maguey en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe tradicional”, alcanzaron resultados para la  $f^t$  de 0.43 kgf/cm<sup>2</sup>, 0.40 kgf/cm<sup>2</sup>, 0.48 kgf/cm<sup>2</sup> y 0.55 kgf/cm<sup>2</sup>. Finalmente, se tiene como antecedente nacional a los autores Guevara y Merino (17), en su trabajo de investigación fijaron como objetivo “comparar las propiedades del bloque de adobe reforzado con fibras de Arundo Donax (AD) y el bloque de adobe sin refuerzo”, alcanzaron resultados para la  $f^t$  de 0.80 kgf/cm<sup>2</sup>, 0.58 kgf/cm<sup>2</sup> y 0.53 kgf/cm<sup>2</sup>.

En consecuencia, los valores del presente estudio están relacionados con los resultados encontrados en los estudios de los autores de Catalán et al., Báez, Flórez y Limpe, y Guevara y Merino. Además, los resultados muestran que la resistencia obtenida supera a la resistencia última especificada en la Norma Técnica de Edificación E.080 y a la muestra control. Por lo tanto, las mediciones de resistencia a compresión diagonal realizadas en muros de adobe en este estudio cumplen satisfactoriamente el primer propósito particular.

### 4.3.2. Discusión 2

Del ensayo de resistencia a la flexión ( $M_r$ ), la resistencia corregida de la muestra control (MC) fue de 0.79 kgf/cm<sup>2</sup>, y cuando se comparó con la adición del 10% de fibra de corteza de eucalipto (FCE), provocó una variación significativa de  $\pm 0.078$  kgf/cm<sup>2</sup>, y lo mismo ocurrió al añadir el 12.5% de FCE  $\pm 0.082$  kgf/cm<sup>2</sup> y el 15% de FCE  $\pm 0.096$  kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Por consiguiente, cuando se adiciona FCE con un 15%, la resistencia incrementa un 143.99% con respecto a la MC, y de un 36.11% con respecto a la Norma Técnica de Edificación E.080 de diseño y construcción con tierra reforzada del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Según el análisis estadístico, el valor p de 0.000 obtenido entre grupos indica un nivel de significación inferior al del  $\alpha = 0.05$ . Así pues, de acuerdo con la regla de decisión, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Al respecto, como antecedentes internacionales se tienen al autor Galarza (11), en su trabajo de investigación fijó como objetivo “desarrollar fábricas de tierra estabilizadas a base de arcillas, reforzadas con fibra de bagazo de caña de azúcar, cementales y aglutinantes locales”, alcanzó resultados para la  $M_r$  resistencias de 49.50 kgf/cm<sup>2</sup>, 63.30 kgf/cm<sup>2</sup>, 15.30 kgf/cm<sup>2</sup>, 12.20 kgf/cm<sup>2</sup> y 67.68 kgf/cm<sup>2</sup>. Luego los autores Catalán et al. (9), en su trabajo de investigación, fijaron como objetivo “obtener la resistencia mecánica de la mampostería de los muros de adobe”, alcanzaron resultados para la  $M_r$  de 0.052 MPa. Seguidamente, los autores Palanisamy y Kumar (12), en su trabajo de investigación, fijaron como objetivo “centrarse en el estudio de las características de resistencia y durabilidad de GPEB con combinaciones de (FA, GGBS, suelo, QD)”, donde alcanzaron resultados para la  $M_r$  resistencias de 4.20 MPa, 4.32 MPa y 3.95 MPa. También, los autores Silva et al. (13), en su trabajo de investigación fijaron como objetivo “establecer el buen uso de los materiales tradicionales como: cal, barro, paja de monte y mucilago de nopal”, alcanzaron resultados para la  $M_r$  resistencias de 0.124 MPa, 0.141 MPa y 0.249 MPa. Finalmente, como antecedente nacional, el autor Huanca (14), tuvo como objetivo “determinar la influencia de la fibra de eucalipto en las propiedades térmicas y mecánicas del adobe”, alcanzó resultados para la  $M_r$  resistencias 12.05 kgf/cm<sup>2</sup>, 13.02 kgf/cm<sup>2</sup> y 14.04 kgf/cm<sup>2</sup>.

En consecuencia, los valores del presente estudio están relacionados con los resultados encontrados en los estudios de Galarza, Catalán et al., Palanisamy y Kumar, Silva et al. y Huanca. Asimismo, los resultados prevalecen en relación con la resistencia de la Norma Técnica de Edificación E.080 y la muestra control. Por lo tanto, las mediciones de resistencia a la flexión en este estudio logran cumplir con el objetivo específico dos.

### 4.3.3. Discusión 3

Del ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas ( $f'm$ ),  $\pm$ a resistencia corregida de la muestra control (MC) fue de 6.36 kgf/cm<sup>2</sup>, y cuando se comparó con la adición del 10% de fibra de corteza de eucalipto (FCE), provocó influencia mínima de  $\pm 0.355$  kgf/cm<sup>2</sup>, y lo mismo ocurrió al añadir el 12.5% de FCE  $\pm 0.305$  kgf/cm<sup>2</sup> y el 15% de FCE  $\pm 0.344$  kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Por consiguiente, con un 15% adicional, la resistencia aumenta un 87.81% con respecto a la MC, y de un 95.16% con respecto a la Norma Técnica de Edificación E.080 de diseño y construcción con tierra reforzada del RNE. Según el análisis estadístico, el valor p de 0.000 obtenido entre grupos indica un nivel de significación inferior al del  $\alpha = 0.05$ . Así pues, de acuerdo con la regla de decisión, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Al respecto, como antecedentes nacionales se tiene a Flórez y Limpe (16), en su trabajo de investigación, fijaron como objetivo “determinar la influencia de la adición de fibra de maguey en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe tradicional”, alcanzaron resultados para la  $f'm$  resistencias de 5.71 kgf/cm<sup>2</sup>, 4.85 kgf/cm<sup>2</sup>, 5.18 kgf/cm<sup>2</sup>, 5.81, 6.45 kgf/cm<sup>2</sup>. Luego, el autor Guevara y Merino (17), en su trabajo de investigación, fijaron como objetivo “comparar las propiedades del bloque de adobe reforzado con fibras de Arundo Donax (AD) y el bloque de adobe sin refuerzo”, alcanzaron resultados para la  $f'm$  resistencias de 9.92 kgf/cm<sup>2</sup>. Seguidamente, el autor Báez (15), en su trabajo de investigación fijaron como objetivo “determinar las propiedades físicas mecánicas del adobe reforzado con fibra de queñoa”, alcanzó resultados para la  $f'm$  resistencias de 9.75 kgf/cm<sup>2</sup>, 9.78 kgf/cm<sup>2</sup>, 10.11 kgf/cm<sup>2</sup> y 11.23 kgf/cm<sup>2</sup>. Finalmente, se tiene como antecedente internacional al autor Galarza (11), en su trabajo de investigación fijó como objetivo “desarrollar fábricas de tierra estabilizadas a base de arcillas, reforzadas con fibra de bagazo de caña de azúcar, cementales y aglutinantes locales”, alcanzó resultados para la  $f'm$  resistencias a la edad de 28 días de 4.26 kgf/cm<sup>2</sup>, 4.19 kgf/cm<sup>2</sup> y 4.08 kgf/cm<sup>2</sup>.

En consecuencia, los valores del presente estudio están relacionados con los resultados encontrados en los estudios de Flórez y Limpe, Guevara y Merino y el autor Báez. Asimismo, los resultados predominan con la resistencia última de la Norma Técnica de Edificación E.080 del RNE y con la muestra control. Al respecto, con el autor Galarza se discrepa debido a que sus resistencias alcanzadas son menores al presente estudio y de la Norma Técnica E.080. Por lo tanto, las mediciones de la resistencia a la compresión axial en pilas realizadas en este estudio cumplen el objetivo particular tres.

#### 4.3.4. Discusión 4

Del análisis de variación de la resistencia mecánica, alcanzó variaciones en la muestra control (MC) para la  $f_t$  de -31.40%, para la  $M_r$  de -44.22%, y para la  $f_m$  de 3.91%. Cuando se compara con la adición de un 10% de FCE, provocó una variación significativa de 18.13%, 6.51% y 52.62%, y lo mismo ocurrió al añadir un 12.5% de FCE: 36.56%, 17.42% y 69.60%. Con una adición del 15% de FCE, igualmente, varió significativamente a 63.32%, 36.11% y 95.16%, respectivamente. En consecuencia, con un 15% adicional de FCE, la resistencia aumenta en  $\pm 37.37%$ ,  $\pm 6.79%$ , y  $\pm 5.62%$  con respecto al MC. Así también, con la resistencia última indicada por la Norma Técnica de Edificación E.080 se supera significativamente. Según el análisis estadístico, los valores de significación  $p$  de 0.005 y 0.000 obtenidos entre grupos indican niveles de significación inferiores a  $\alpha = 0.05$ . Por lo tanto, la regla de decisión acepta la hipótesis alterna y rechaza la hipótesis nula.

Al respecto, como antecedentes internacionales, estudios previos realizados por Catalán et al. (9), Galarza (11), Palanisamy y Kumar (12), y Silva et al. (13) han demostrado alteraciones notables en la resistencia mecánica de los ladrillos de adobe. Estos estudios han concluido que la incorporación de aditivos tanto naturales como químicos mejora la resistencia de los ladrillos de tierra. Similarmente, los antecedentes nacionales, el autor Báez (15), Flores y Limpe (16), Guevara y Merino (17), y Huanca (14) observaron diferencias significativas en la resistencia mecánica del adobe de tierra al adicionar componentes naturales y químicos. Estos resultados indican que la adición de dichos materiales mejora las propiedades mecánicas del adobe reforzado.

Por tanto, los resultados obtenidos en esta investigación se asocian con los hallazgos indicados por autores internacionales y nacionales. Además, los resultados superan la resistencia máxima especificada por la Norma Técnica de Edificación E.080 del RNE. El trabajo logra eficazmente la hipótesis prevista al alcanzar resultados de variación significativa de la resistencia mecánica, así que se cumple con el objetivo del estudio.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

##### **5.1.1. Conclusión 1**

Se concluye que el objetivo general del análisis de la variación de la resistencia mecánica de muros de adobe logra responder a la pregunta del estudio de cuánto varía la resistencia mecánica con adición de fibra de corteza de eucalipto (FCE). La incorporación FCE en muros de adobe da como resultado en un significativo incremento en la resistencia mecánica. Los ensayos de resistencia diagonal, flexión y axial al adicionársele FCE en cantidades de 10 %, 12.5 y 15 % produjeron un aumento considerable al comparar los resultados con los obtenidos de la muestra control y de la Norma Técnica de Edificación E.080. Por lo tanto, la adición de FCE en un 15% maximiza la resistencia mecánica, ofreciendo un mejor desempeño bajo cargas críticas y aumentando la durabilidad de los muros. Este estudio aporta valiosa evidencia de que el adobe reforzado con FCE no solamente cumple, sino que supera las normativas de construcción estándar y muestra un potencial relevante para mejorar la seguridad estructural en áreas propensas a sismos. Estos hallazgos son cruciales para la adopción de técnicas de construcción sostenibles y resistentes en la región de Cusco y similares a nivel nacional.

##### **5.1.2. Conclusión 2**

Se concluye que el objetivo específico uno de la estimación del cambio de la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe, consigue responder a la pregunta del estudio de cuánto cambia la resistencia a la compresión con adición de fibra de corteza de eucalipto (FCE). La resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe se logró con la adición del 15 % de FCE, alcanzando resistencias superiores a la muestra control en un 138.08 % y de un 63.32 % con respecto a la Norma Técnica de Edificaciones E.080. Esto se debe a que conforme se le adicionaba FCE en 10 %, 12.5 % y 15 % provocaban un cambio promedio significativo

de incremento de  $\pm 0.080$  kgf/cm<sup>2</sup>,  $\pm 0.086$  kgf/cm<sup>2</sup> y  $\pm 0.093$  kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Los datos se respaldan por la prueba ANOVA de un factor, que mostró una significancia estadística con un valor p de 0.000, situándose por debajo del predeterminado de significancia alfa de 0.05. Este resultado llevó al rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa, confirmando que la adición de FCE cambia considerablemente la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe.

### **5.1.3. Conclusión 3**

Se concluye que el objetivo específico dos de la cuantificación de variación de la resistencia a la flexión de los muros de adobe adquiere responder a la pregunta del estudio de cuánto varía la resistencia a la flexión con adición de fibra de corteza de eucalipto (FCE). La resistencia a la flexión de los muros del adobe, al adicionar FCE en adiciones de 10 %, 12.5 % y 15 %, mostró incrementos significativos, con variaciones promedio de  $\pm 0.078$  kgf/cm<sup>2</sup>,  $\pm 0.082$  kgf/cm<sup>2</sup> y  $\pm 0.096$  kgf/cm<sup>2</sup> para cada uno de estos porcentajes, respectivamente. Estos incrementos fueron más notorios con la adición del 15%, ocasionando en una resistencia superior comparada con la muestra control, que incrementó en un 143.99 % y de un 36.11 % respecto a la Norma Técnica de Edificación E.080, demostrando que la resistencia a la flexión tiende a incrementar considerablemente con mayores proporciones de FCE. Los datos se respaldan por la prueba ANOVA de un factor, que mostró una significancia estadística con un valor p de 0.000, situándose por debajo del predeterminado de significancia alfa de 0.05. Este resultado llevó al rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa, confirmando que la adición de FCE varía moderadamente la resistencia a la flexión de los muros de adobe.

### **5.1.4. Conclusión 4**

Se concluye que el objetivo específico tres del cálculo de la influencia de la resistencia a la compresión axial en pilas de los muros de adobe alcanza a responder a la pregunta del estudio de cuánto influye la resistencia a la compresión axial con adición de fibra de corteza de eucalipto (FCE). Se observó que la resistencia a la compresión axial en pilas de muros de adobe mejoró significativamente con la inclusión de FCE. Las adiciones de 10 %, 12.5 %, y 15 % incrementaron la resistencia en valores promedios significativos si se compara con la muestra control en un 87.81%, y fueron notablemente superiores en un 95.16 % en relación con la Norma Técnica de Edificación E.080. El coeficiente de variación para la muestra control fue de un 3.41 %, comparado con las adiciones de 10 % (3.66%), 12.5 % (2.86%) y 15 % (2.80%), demostrando que la adición del 15 % de FCE es la más efectiva, ya que proporciona el incremento más considerable en la resistencia. Los datos se respaldan por la prueba ANOVA de un factor, que mostró una significancia estadística con un valor p de 0.000, situándose por



debajo del predeterminado de significancia alfa de 0.05. Este resultado llevó al rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa, confirmando que la adición de FCE influye significativamente la resistencia a la compresión axial en pilas de los muros de adobe.

## **5.2. Recomendaciones**

### **5.2.1. Recomendación 1**

Es recomendable que las autoridades locales y los constructores en la región de Cusco, y en áreas similares, adopten el uso de la fibra de corteza de eucalipto al 15 % como un estándar en la construcción o rehabilitación de muros de adobe. Esta práctica no solo cumple con las normas de edificación, sino que también las supera, proporcionando una mayor seguridad y resistencia estructural, especialmente en zonas susceptibles a actividad sísmica.

### **5.2.2. Recomendación 2**

Se recomienda que aunque este estudio ha proporcionado resultados prometedores, es crucial continuar con la investigación para explorar más a fondo los efectos a largo plazo de la FCE en diferentes condiciones ambientales y cargas estructurales. Además, sería beneficioso examinar la interacción de la FCE con otros tipos de materiales de construcción sostenibles.

### **5.2.3. Recomendación 3**

Se recomienda organizar talleres y programas de formación para los trabajadores de la construcción sobre las técnicas adecuadas para la incorporación de FCE en la construcción de adobe. Estas actividades deben incluir la educación sobre los beneficios de la sostenibilidad y la mejora de la resistencia sísmica de las estructuras de adobe.

### **5.2.4. Recomendación 4**

Se recomienda incitar a las entidades gubernamentales a desarrollar y actualizar las normativas de construcción que integren especificaciones sobre el uso de fibras naturales como la FCE en la construcción de viviendas. Esto podría incluir incentivos para proyectos de construcción que utilicen materiales renovables y técnicas que mejoren la resistencia mecánica.

### **5.2.5. Recomendación 5**

Se recomienda utilizar los resultados de este estudio para promover una agenda de construcción sostenible a nivel nacional, destacando como innovaciones locales como la utilización de FCE pueden contribuir significativamente a la industria de la construcción sostenible.

### **5.2.6. Recomendación 6**

Se recomienda que los investigadores utilicen un porcentaje de FCE superior al 15 % para evaluar su resistencia óptima. Este umbral se establece porque se detectó una variación notable en la eficacia estructural de los muros a partir de este nivel de inclusión de FCE, lo que indica que mayores concentraciones podrían ser clave para maximizar la durabilidad y la resistencia de estas construcciones.

Implementando estas recomendaciones, se espera no únicamente mejorar la calidad y la seguridad de las construcciones de adobe, sino también fomentar prácticas sostenibles y respetuosas con el medioambiente que puedan ser replicadas en otras regiones con características similares a las de Cusco.

## REFERENCIAS

1. AGUILAR, E., et al. Comparación de parámetros físicos y mecánicos entre el adobe y el tapial en el austro del Ecuador. *Arte y Sociedad. Revista de Investigación ASRI* [en línea]. Setiembre, 2018, 14 (2174–7563), pp. 268–279. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6266272>
2. BIZZARRI, S., et al. Traditional masonry and archaeological restoration. A case study from Salūt, Oman. *Revista Loggia, Arquitectura & Restauración*, [en línea]. Diciembre, 2021, (34), pp. 46–61. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. DOI: <https://doi.org/10.4995/loggia.2021.15063>
3. FUENTEALBA, C. *Panel aislante térmico a partir de corteza de eucalipto* [en línea]. Udt: Ciencia, Tecnología e Innovación en Bioeconomía [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://www.udt.cl/bioproductos/panel-aislante-termico-partir-corteza-eucalipto/>
4. BAENA, G. *Metodología de la Investigación*. 3.<sup>a</sup> ed. [en línea]. México: Grupo Editorial Patria, 2017 [Fecha de consulta: 14 enero 2024]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com>
5. SILVER. *Compressed Earth Bricks and Community Enterprises* [en línea]. Nepal: World Habitat Awards, 2020. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/C34ri9>
6. QUISHPILLO, E. *Perú: Construcciones de adobe resistentes a terremotos* [en línea]. Ecuador: EcoSur network, 2009. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/YyD0HI>
7. PRUNA, L. et al. Elaboración de la fibra de cabuya en tejido plano como matriz de refuerzo para la construcción de un retrovisor. *Revista Ingenius* [en línea]. Junio, 2020, (24), pp. 81–86. DOI: <https://doi.org/10.17163/ings.n24.2020.08>
8. CREMONEZ, V. et al. Wood basic density effect of Eucalyptus grandis in the paper making. *Revista Matéria* (Rio de Janeiro) [en línea], 2019(24)(3). DOI: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0735>
9. CATALÁN, P. et al. Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio. *Revista Acta Universitaria*. [en línea]. Abril, 2019, 29, pp. 1–13. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.15174/au.2019.1861>
10. PROAÑO-SUCONOTA, F, ONCE-JARA, E y RODAS-BELTRÁN, A. Incidencia del uso del suelo y la relación del espacio público-privado en Cuenca-Ecuador. *Revista Diseño Arte y Arquitectura* [en línea]. Junio, 2022, (12), pp. 151–178. DOI: <https://doi.org/10.33324/daya.vi12.507>

11. GALARZA, J. (). Fábrica de tierra estabilizada con adición de fibra del bagazo de caña aplicado a viviendas rurales = Earth manufacture stabilized with bagasse sugarcane fiber applied to rural housing. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). España: Universidad Politécnica de Madrid, 2020,175 pp. [Fecha de consulta: 14 enero 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.66501>
12. PALANISAMY, P. y KUMAR, P. Strength and durability features of fiber reinforced geopolymer earth bricks. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* [en línea]. Marzo, 202221(2), pp. 439–447. DOI: <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1869009>
13. SILVA, A. et al. Hacia el rescate de una cultura constructiva de morteros con materiales y técnicas constructivas tradicionales para una correcta intervención patrimonial. *Revista Project Design and Management* [en línea]. Febrero, 20224, (1). DOI: <https://doi.org/10.35992/pdm.v4i1.905>
14. HUANCA, S. Influencia de las fibras de eucalipto en las propiedades térmicas y mecánicas del adobe. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Lima - Perú: Universidad César Vallejo, 2021, 157 pp. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/68353>
15. BAEZ, G. (). Análisis de las propiedades físico-mecánicas del adobe reforzado con fibra de queño. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima -Perú: Universidad César Vallejo,2022, 116 pp. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92238>
16. FLOREZ, F. y LIMPE, Y. Influencia de la fibra de maguey (*Furcraea andina*) en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional, Cusco – 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cusco - Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019, 192 pp. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/3670>
17. GUEVARA, M. y MERINO, G. Estudio Técnico – Económico de Bloques de Adobe Adicionado con Arundo Donax. Tesis (Título Ingeniero Civil). Lima - Perú: Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2022. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1741>
18. MINISTERIO del Ambiente (MINAM). Línea de base de especies forestales (*Pinus* sp y *Eucalyptus* sp.) con fines de bioseguridad [en línea]. Lima – Perú: Gobierno del Perú, 2019. [Fecha de consulta: 14 enero 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/YjgjKV>
19. MUÑOZ, F. et al. La fibra de corteza de *Eucalyptus nitens* y su aplicación como refuerzo en biomateriales termoplásticos [en línea]: Chile: III Congreso Latinoamericano de Biorrefinerías, 2012. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <http://www.biorrefinerias.cl/>

20. ORGANIC y NATURAL. Nuevos Tejidos: Eucalipto, Tela fabricada a partir de la madera de eucalipto. [en línea]. España: Bebecotté, 2020. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: [https://bebecotte.com/es/blog/16\\_nuevos-tejidos-eucalipto-tela-fabricada-a-partir-de-la-madera-de-eucalipto.html](https://bebecotte.com/es/blog/16_nuevos-tejidos-eucalipto-tela-fabricada-a-partir-de-la-madera-de-eucalipto.html)
21. BY RELIANCE. Everything You Need to Know About Moisture Content of Wood [en línea]. EE.UU.: Julio, 2021. [Fecha de consulta: enero 2024]. Disponible en: <https://reliancetimber.com/moisture-content-of-wood/>
22. BASO, C. Las tensiones admisibles de la madera para la construcción en Alemania [en línea]. Alemania. [Fecha de consulta: enero 2024]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/4912212/las-tensiones-admisibles-de-la-madera-para-la>
23. NORMA Técnica de Edificación E.080. Diseño y Construcción con Tierra Reforzada [en línea]. Lima – Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017. [Fecha de consulta: 14 enero 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/bedtH>
24. ASTM D2216-19. Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass [en línea]. EE.UU.: American Society for Testing and Materials, 2019. [Fecha de consulta: 14 enero 2024]. DOI: <https://doi.org/10.1520/D2216-19>
25. DIRECCIÓN Nacional de Construcción. Manual de Construcción, Edificaciones Antisísmicas de Adobe [en línea]. Lima – Perú: Gobierno del Perú, 2010. [Fecha de consulta: 14 enero 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/6a8it7>
26. NORMA Técnica Peruana NTP 339.078. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos. Método de ensayo. 4.ª ed [en línea]. Lima – Perú: INACAL, 2022. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/mBIZ8V>
27. ARIAS, J. Proyecto de tesis: guía para la elaboración. 1.ª ed. digital. [en línea]. Arequipa - Perú: Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica, 2020. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/EVwobA>
28. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R y MENDOZA, C. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 1.ª ed. [en línea]. México: McGRAW-HILL, 2018. [Fecha de consulta: 3 noviembre 2023]. Disponible en: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
29. LÓPEZ, R. et al. Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Medicina Militar* [en línea]. 2019, 48(2), pp. 441–450. [Fecha de consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/390>

30. GONZALES, A. et al. ¿Cómo aprender y enseñar investigación científica? [en línea]. Huancavelica – Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, 2011. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <http://www.unh.edu.pe/web/universidad/>
31. PALELLA, S. y MARTINS, F. Metodología de la Investigación Cuantitativa. 3.ª ed. [en línea]. Caracas – Venezuela: FEDUPEL, 2012. [Acceso 24 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/AwrIVs>
32. NORMA Técnica de Edificación E.050. Suelos y Cimentaciones [en línea]. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018. [Fecha de consulta: 12 enero 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/bedtH>
33. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). *Mapas Viales* [en línea]. Lima – Perú: Gobierno del Perú, 2017. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/mapas\\_viales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapas_viales.html)
34. CLIMATE DATA. Clima Calca [en línea]. EE.UU.: Data Sources, 2022. [Fecha de consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cuzco/calca-44942/>

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de consistencia

**Tema:** Resistencia mecánica de los muros de adobes reforzado con fibra de la corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIAB LES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	MÉTODO
¿Cuánto es la variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023?	Analizar la variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023	El análisis de la variación de la resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto varía significativamente, Calca, Cusco 2023	Variable independiente: Fibra de corteza de eucalipto	D1: Dosificaciones  D2: Propiedad física	I2: 10,0% I3: 12,5% I4: 15,0%  I1: Humedad (%) I2: Densidad (%)	Ficha de recopilación de datos	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque de investigación: Cuantitativo Diseño de investigación: Experimental Nivel de investigación: Explicativo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	MÉTODO
¿Cuánto cambia la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe reforzado con	Estimar el cambio de la resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe reforzado con fibra de	La resistencia a la compresión diagonal de los muros de adobe reforzado con fibra de	Variable Dependiente: Resistencia a	D1: Resistencia a la compresión diagonal	I1: 6 ensayos I2: 28 días I3: kgf/cm <sup>2</sup>	Ficha de recopilación de datos	Población: 350 unidades de adobe Muestra: 300 unidades de adobe Muestreo:

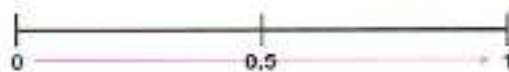


fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023?	corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023	eucalipto cambia considerablemente Calca, Cusco 2023	D2: Resistencia a la flexión	I1: 6 ensayos I2: 28 días I3: kgf/cm <sup>2</sup>	No probabilístico intencional Técnica y recolección de datos Observación directa Ficha de recolección de datos
¿En cuánto varía la resistencia a la flexión de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023?	Cuantificar la variación de la resistencia a la flexión de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023	La resistencia a la flexión de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto varía moderadamente, Calca, Cusco 2023	D3: Resistencia a la compresión axial	I1: 6 ensayos I2: 28 días I3: kgf/cm <sup>2</sup>	Método de análisis Estadística descriptiva mediante tablas y gráficos.
¿Cuánto influye la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023?	Calcular la influencia de la resistencia a la compresión axial de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto, Calca, Cusco 2023	La resistencia a la compresión axial de los muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto influye significativamente, Calca, Cusco 2023			

## Anexo 2

### Validez del instrumento por expertos

ANÁLISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS				
PROYECTO:	RESISTENCIA MECÁNICA DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO, CALCA, CUSCO 2021			
AUTOR:	RR. ROMERO VERA, MARIO W.		Fecha: 06/05/2023	
<b>I.-</b>	<b>INFORMACION GENERAL:</b>			
	<b>UBICACIÓN:</b>			
	<b>DISTRITO:</b>	CALCA	<b>ALTITUD:</b>	3254 m.s.n.m
	<b>PROVINCIA:</b>	URUBAMBA	<b>LATITUD:</b>	13° 20' 18,8" S
	<b>REGION:</b>	CUSCO	<b>LONGITUD:</b>	71° 59' 22,6" W
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: FIBRAS DE CORTEZA DE EUCALIPTO</b>				
<b>II.-</b>	<b>D1: DOSIFICACIONES</b>		<b>EXPERTO 1</b>	
	<b>Indicador 1:</b>	<b>Indicador 2:</b>	<b>Indicador 3:</b>	
	10,0%	12,5%	15,0%	
			0,7	
<b>III.-</b>	<b>D2: PROPIEDAD FÍSICA</b>			
	<b>Indicador 1:</b>	<b>Indicador 2:</b>		
	Porcentaje de humedad	Densidad		
			0,75	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA MECÁNICA</b>				
<b>IV.-</b>	<b>D1: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL</b>			
	<b>Indicador 1:</b>	<b>Indicador 2:</b>	<b>Indicador 3:</b>	
	6 Ensayos (Norma E.080)	28 días (Norma E.080)	Kg/cm <sup>2</sup> (Norma E.080)	
			0,65	
<b>VI.-</b>	<b>D2: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</b>			
	<b>Indicador 1:</b>	<b>Indicador 2:</b>	<b>Indicador 3:</b>	
	6 Ensayos (Norma E.080)	28 días (Norma E.080)	Kg/cm <sup>2</sup> (Norma E.080)	
			0,70	
<b>VII.-</b>	<b>D3: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS</b>			
	<b>Indicador 1:</b>	<b>Indicador 2:</b>	<b>Indicador 3:</b>	
	6 Ensayos (Norma E.080)	28 días (Norma E.080)	Kg/cm <sup>2</sup> (Norma E.080)	
			0,75	
<b>TOTAL PUNTUACIÓN</b>				
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	ALEZA DEL CASTILLO SAMI			
<b>PROFESION</b>	ING. CIVIL			
<b>REGISTRO CIP No:</b>	161654			
<b>EMAIL:</b>	samimede@redlink.com			
<b>TEL FONO:</b>	993097525			



0,53 a menos	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 0,79	Excelente Validez
1,0	Validez perfecta

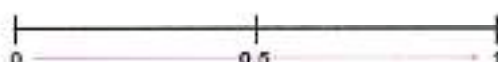
Fuente: Osado (2011)

  
**Sami del Castillo**  
 INGENIERO CIVIL  
 GP102664

### ANÁLISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

PROYECTO: RESISTENCIA MECÁNICA DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO, CALCA, CUSCO 2023  
 AUTOR: BR. ROMERO VERA, MARIO W. Fecha: 06/05/2023

I.- INFORMACION GENERAL:			
UBICACIÓN:			
DISTRITO:	CALCA	ALTITUD:	3254 m s.n.m
PROVINCIA:	URUBAMBA	LATTUD:	13° 20' 18,8" S
REGION:	CUSCO	LONGITUD:	71° 59' 22,6" W
VARIABLE INDEPENDIENTE: FIBRAS DE CORTEZA DE EUCALIPTO			
II.- D1: DOSIFICACIONES			EXPERTO 1
Indicador 1:	Indicador 2:	Indicador 3:	0.95
10,0%	12,5%	15,0%	
III.- D2: PROPIEDAD FÍSICA			
Indicador 1:	Indicador 2:		1.00
Porcentaje de humedad	Densidad		
VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA MECÁNICA			
IV.- D1: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL			
Indicador 1:	Indicador 2:	Indicador 3:	1.00
6 Ensayos (Norma E,080)	28 días (Norma E,080)	Kg/cm2 (Norma E,080)	
VI.- D2: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
Indicador 1:	Indicador 2:	Indicador 3:	1.00
6 Ensayos (Norma E,080)	28 días (Norma E,080)	Kg/cm2 (Norma E,080)	
VII.- D3: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS			
Indicador 1:	Indicador 2:	Indicador 3:	0.95
6 Ensayos (Norma E,080)	28 días (Norma E,080)	Kg/cm2 (Norma E,080)	
TOTAL PUNTUACIÓN			
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bentez Quispe Santos E.		
PROFESION	Ingo Civil		
REGISTRO CIP No:	189810		
EMAIL:	Bentez22772		
TELEFONO:	951149842		



0,59 a menos	Validez nula
0,54 a 0,50	Validez baja
0,40 a 0,45	Valida
0,36 a 0,31	Muy Valida
0,22 a 0,28	Facilmente Valida
1,0	Validez perfecta

Fuente: Usold (2011)

Firma y sello del profesional.

**ANÁLISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS**

PROYECTO: RESISTENCIA MECÁNICA DE MUROS DE ADOBE REFORZADO CON FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO, CALCA, CUSCO 2023  
 AUTOR: DR. ROMERO VERA, MARIO W. Fecha: 05/05/2023

<b>I.- INFORMACION GENERAL:</b>			
UBICACIÓN:			
DISTRITO:	CALCA	ALTITUD:	3254 m.s.n.m
PROVINCIA:	URUBAMBA	LATITUD:	13° 20' 18,8" S
REGION:	CUSCO	LONGITUD:	71° 59' 22,6" W
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: FIBRAS DE CORTEZA DE EUCALIPTO</b>			
<b>II.- D1: DOSIFICACIONES</b>			<b>EXPERTO 1</b>
Indicador 1:	Indicador 2:	Indicador 3:	1.0
10.0%	12.5%	15.0%	
<b>III.- D2: PROPIEDAD FÍSICA</b>			
Indicador 1:	Indicador 2:		1.0
Porcentaje de humedad	Densidad		
<b>VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA MECÁNICA</b>			
<b>IV.- D1: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL</b>			
Indicador 1:	Indicador 2:	Indicador 3:	0.90
6 Ensayos (Norma E.080)	28 días (Norma E.090)	Kg/cm <sup>2</sup> (Norma E.080)	
<b>VI.- D2: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</b>			
Indicador 1:	Indicador 2:	Indicador 3:	1.0
6 Ensayos (Norma E.080)	28 días (Norma E.090)	Kg/cm <sup>2</sup> (Norma E.080)	
<b>VII.- D3: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS</b>			
Indicador 1:	Indicador 2:	Indicador 3:	0.95
6 Ensayos (Norma E.080)	28 días (Norma E.090)	Kg/cm <sup>2</sup> (Norma E.080)	
<b>TOTAL PUNTUACIÓN</b>			
APELLIDOS Y NOMBRES:	IARA PACHECO NESTOR PAUL		
PROFESION	ING° CIVIL		
REGISTRO CIP No:	467407		
EMAIL:			
TELEFONO:	986487092		



0.50 o menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Validez
0.66 a 0.71	May Validez
0.72 a 0.99	Excelente Validez
1.0	Validez perfecta

Fuente: Usak (2011)

Firma y sello del profesional.  
 Ing° Iara Pacheco Nestor Paul  
 41053577



Anexo 3  
Resultados de granulometría

**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

DIRECCIÓN DE SUELOS Y MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL, NORONAS, COCA CATIN  
DE SUELOS Y MATERIALES DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL, NORONAS, COCA CATIN



# INFORME DE GRANULOMETRIA

**PROYECTO DE TESIS:**

**"INVESTIGACION: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DECORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO"**

**SOLICITA: BACHILLER: MARIO WILBER ROMERO VERA**



**UBICACIÓN:**

SECTOR. : C° C° URURAQUI  
DISTRITO : CALCA.  
PROVINCIA : CALCA.  
DEPTO. : CUSCO.

CUSCO, JUNIO DEL 2023.

## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

### 1.1. INFORMACION GENERAL PARA LOS ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS,

<b>SOLICITANTE</b>	: BACHILLER ING. MARIO WILBER ROMERO VERA.
<b>PROYECTO</b>	: "INVESTIGACION. RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DECORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO"
<b>UBICACIÓN</b>	:
	Comunidad Cº : UNURAQUI
	Distrito : Calca.
	Provincia : Calca.
	Departamento : Cusco.
	Región : Cusco
<b>MUESTRAS</b>	: Muestra zarandeada que pasa el tamiz Nro. 04.

## 2. GENERALIDADES

A solicitud del BACHILLER ING. MARIO WILBER ROMERO VERA, se procede a realizar los ensayos de Granulometría, límites de Consistencia del material, entregado por el solicitante, para la realización de los ensayos correspondiente y determinar la Clasificación mediante el método, de: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ( MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88), SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) Norma ASTM D-2487, CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO Norma AASHTO M-145. Para la presentación de la tesis para optar título de Ingeniero Civil.

### 2.1 OBJETIVOS Y FINES

Los objetivos y fines del presente informe corresponden a determinar los parámetros del material utilizando para la realización de adobes y determinar la clasificación de suelo para determinar la resistencia y características de cada muestra de acuerdo a las Normas vigentes.

### 2.2 NORMAS APLICADAS AL PRESENTE ESTUDIO

Para el presente estudio de los materiales de Cantera que se han



INGENIERO CIVIL  
MARIO WILBER ROMERO VERA  
Nº 10709  
CUSCO - PERU



Tabla 2 Resultados de Clasificación de suelos

Calicata y/o Pozo	Estrato ( E )	Clasificación del suelo			
		Clasificación Según (SUCS)		Clasificación Según (AASHTO)	
MUESTRA - 01	E-01	SM -	Arena limosa	A-4 (2) -	Principalmente partículas finas limosas
MUESTRA - 02	E-01	SM -	Arena limosa	A-4 (1) -	Principalmente partículas finas limosas
MUESTRA - 03	E-01	SM -	Arena limosa	A-2-4 (0) -	Materiales granulares con partículas finas limosas
MUESTRA - 04	E-01	SM =	Arena limosa	A-4 (1) =	Principalmente partículas finas limosas

Cusco Mayo del 2023







**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA



**Proyecto:** DE INVESTIGACION: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO 2023  
**Ubicación:** Sector Eramocco, Comunidad C. De Unuraquí, Dist. Calca, Prov. Calca, Dpto. Cuzco  
**Solicitante:** Bachiller: Mario W. Romero Vera.  
**Fecha:** Calca, Mayo del 2023 **MUESTRA - 01**

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**  
 MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	35-00	32-00	32-50
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	98-45	105-30	90-25
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	90-30	95-60	83-51
Peso del Agua (gr)	8-15	9-70	6-74
Peso de la Muestra Seca (gr)	55-30	63-60	51-01
Contenido de Humedad	14-74%	15-25%	13-21%



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 14.40%**

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA

**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE CUSCO  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CUSCO  
 AV. SAN FRANCISCO DE ASIS 30100, CUSCO, PERÚ



**Proyecto:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE EUCALIFTO CALCA CUSCO 2023  
**Ubicación:** Sector Eramocco, Comunidad C. De Unuraqu, Dist. Calca, Prov. Calca, Dpto Cusco.  
**Solicita:** Bachiller: Mario W. Romero Vera. **MUESTRA = 01**  
**Fecha:** Cto, Mayo del 2023

0

**LÍMITE LÍQUIDO**

MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-99

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	9.50	9.50	9.50
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	21.10	18.62	20.18
Peso de Capsula + Muestra Secca (gr)	20.30	16.69	17.87
Peso del Agua (gr)	2.80	1.93	2.31
Peso de la Muestra Secca (gr)	10.80	7.19	8.37
Contenido de Humedad	25.93%	26.84%	27.60%
Número de Golpes	38	26	18



**LÍMITE PLÁSTICO**

MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-99

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	11.28	7.85	8.91
Peso de Capsula +	30.08	3.42	10.44
Peso de Capsula +	27.00	9.05	10.08
Peso del Agua (gr)	1.88	0.37	0.36
Peso (gr)	15.72	1.20	1.17
Humedad	23.41%	10.83%	30.77%



LÍMITE LÍQUIDO = 26.98%
LÍMITE PLÁSTICO = 28.34%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = -1.36%

# LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUATEMALA, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS, DIVISIÓN DE INVESTIGACIONES



**Proyecto:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOSÉ CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO  
 CALCA CUSCO 2023

**Ubicación:** Sector Gramado, Com. MUESTRA = 01  
**Soporte:** Bachiller Mario P. Romero Vera  
**Fecha:** Cobán, Maya del 2023

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 42 - 2000 Basado en la Norma ASTM D 422, ABRIL 2008

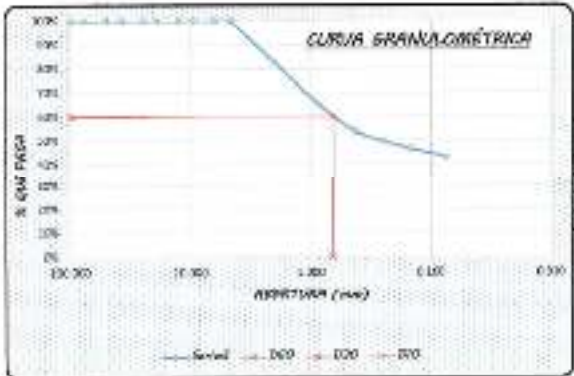
**MUESTRA = 01**

**Antes del lavado:** **Después del lavado:**  
 Peso de la Muestra Seca = 1188.00 gr. **Peso de la Muestra Seca = 694.80 gr.**  
 % de Errores Por = 0.00% **% de Errores Por = 0.00%**

TAMIZ (mm)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASÓ (gr)	% RETENIDO	% QUE PASÓ
4"	100.000	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
2"	75.000	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
3"	50.000	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
10"	25.000	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
15"	18.750	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
20"	15.000	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
25"	12.500	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
30"	10.000	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
35"	8.750	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
40"	7.500	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
45"	6.250	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
50"	5.000	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
60"	4.750	0.00	1188.00	0.00%	100.00%
Nº 10	2.000	206.80	981.20	17.37%	82.63%
Nº 20	0.850	712.80	475.20	60.50%	39.50%
Nº 40	0.425	105.80	1082.20	8.91%	91.09%
Nº 60	0.250	10.30	1097.70	0.87%	99.13%
Nº 100	0.150	37.30	1150.70	3.14%	96.86%
Nº 200	0.075	42.30	1145.70	3.57%	96.43%
Calcula	-	28.30	-	2.38%	-
<b>100.00</b>	-	<b>94.80</b>	-	<b>7.99%</b>	-
<b>Fracción Retenida en Lavado =</b>	<b>694.80</b>	<b>59.00</b>	<b>108.00</b>	<b>100.00%</b>	

Fracción Gruesa
% de grava = 0.00%
% de arena = 100.00%
Total = 100.00%

Fracciones de Grava, Arena y Fines de la Muestra
% de grava (Fracción Tamiz Nº 4) = 0.00%
% de arena (Fracción Nº 4 y tam. Nº 200) = 100.00%
% de fines (Fracción Nº 200) = 45.17%
Total = 100.00%



### DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELO

U <sub>60</sub> = 0.00 mm	De Límites de Consistencia
U <sub>200</sub> = -	LL = 20.55%
D <sub>10</sub> = -	LP = 25.32%
	IP = 4.77%
C <sub>u</sub> = -	Otros Datos
C <sub>c</sub> = -	T <sub>200</sub> = 45.17%

*[Firma manuscrita]*  
 Ing. [Nombre] [Apellido]  
 TÉCNICO EN SUELOS Y MATERIALES  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (USCS) ASTM D-2497
<b>SM = Arena limosa</b>

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO ASTM D-2497
<b>A-4 (2) = Precipitación particularmente fina gruesa</b>













## LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL TROPICAJE  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



**Proyecto:** DE INVESTIGACION: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO 2023  
**Ubicación:** Sector Loroobayos, Comunidad C. De Ihuraqui, Dist. Calca, Prov. Calca, Dpto Cusco.  
**Solicita:** Bachiller: Mario W. Romero Vera.  
**Fecha:** Calca, Mayo del 2022 **MUESTRA = 02**

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL: MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	42.00	42.50	42.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	98.45	102.60	99.56
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	95.15	98.47	96.30
Peso del Agua (gr)	3.30	4.19	3.26
Peso de la Muestra Seca (gr)	53.15	55.97	54.30
Contenido de Humedad	6.21%	7.49%	6.00%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 6.57%

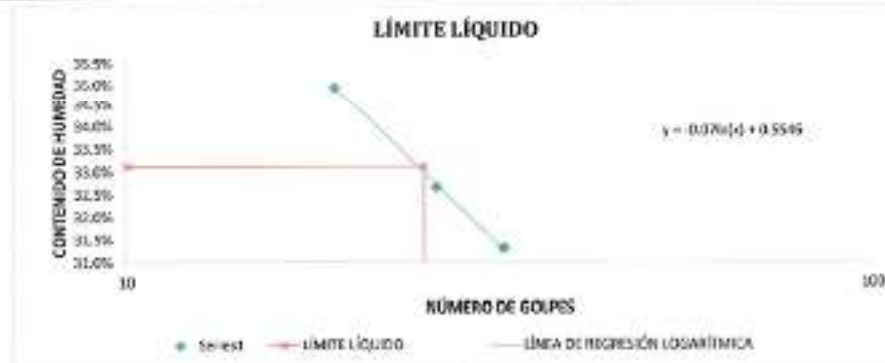


**Proyecto:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO 2023  
**Ubicación:** Sector LoroHuayco, Comunidad C. De Unuraqui, Dist. Calca, Prov. Calca, Dpto Cusco.  
**Solicita:** Bachiller: Mario W. Romero Vera.  
**Fecha:** Calca, Mayo del 2023 **MUESTRA = 02**

**LÍMITE LÍQUIDO**

MTC E 110 - 2000. Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T 89

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	9.32	7.80	9.53
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	23.16	22.78	23.01
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	19.86	19.04	19.52
Peso del Agua (gr)	3.30	3.67	3.49
Peso de la Muestra Seca (gr)	10.54	11.24	9.99
Contenido de Humedad	31.31%	32.65%	34.93%
Número de Golpes	32	26	19



**LÍMITE PLÁSTICO**

MTC E 111 - 2000. Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	20.30	11.25	9.45
Peso de Capsula +	11.52	12.04	10.48
Peso de Capsula +	11.32	11.88	10.28
Peso del Agua (gr)	0.20	0.16	0.20
Seca (gr)	0.82	0.65	0.83
Humedad	24.39%	24.62%	24.10%



LÍMITE LÍQUIDO = 31.31%
LÍMITE PLÁSTICO = 24.37%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 8.75%







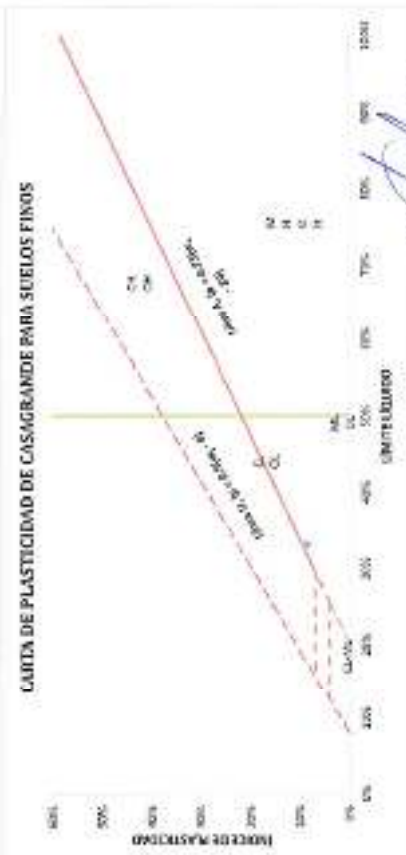
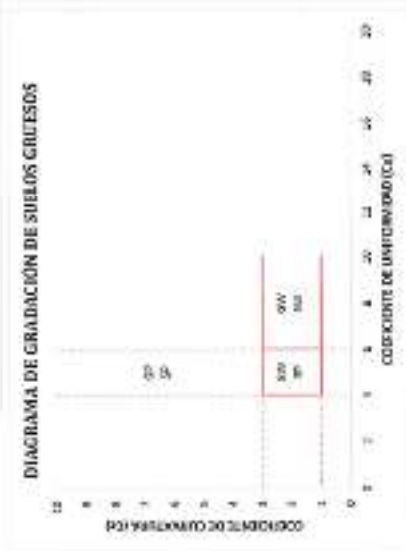
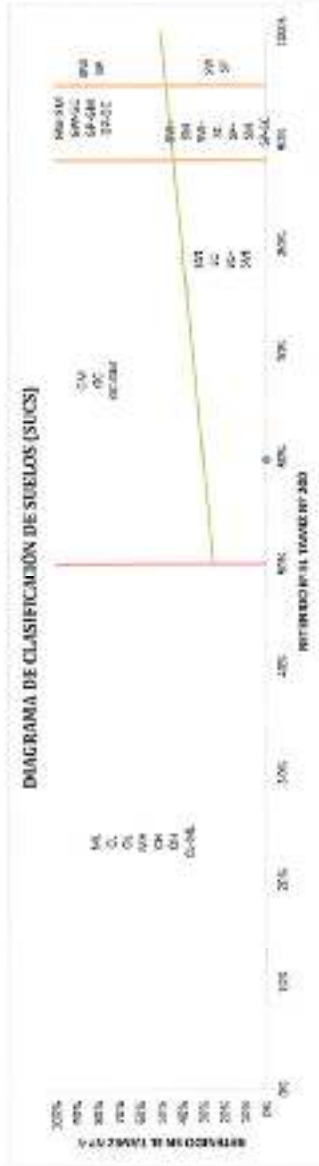
# LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS Y AGRARIAS  
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS Y AGRARIAS



**Instituto:** DE INVESTIGACIONES RESISTENCIA DE MUEBROS DE ADOBRE CON FIBRA DE CORTESA DE EUCALIPTO CMAKA CURSO 2023

**Ubicación:** Sector Universitario, Comandancia C. De la Amargosa, Dist. Cúchima, Prov. Caba, Depto. Coahuila  
**Alcalde:** Raúl Iván Marín W. Ramírez Vera.  
**Tecnic:** Gilda Mayo del 2023 MUESTRA = 02



OPINIÓN DEL INGENIERO RESPONSABLE DEL LABORATORIO: GILDA MAYO DEL 2023

*[Signature]*  
 GILDA MAYO DEL 2023



# LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INSTITUCIÓN EDUCATIVA "EL COMERCIO" - PUNTA CANA, PUNTA CANA, AZUAYO  
 INSTITUCIÓN EDUCATIVA "EL COMERCIO" - PUNTA CANA, PUNTA CANA, AZUAYO

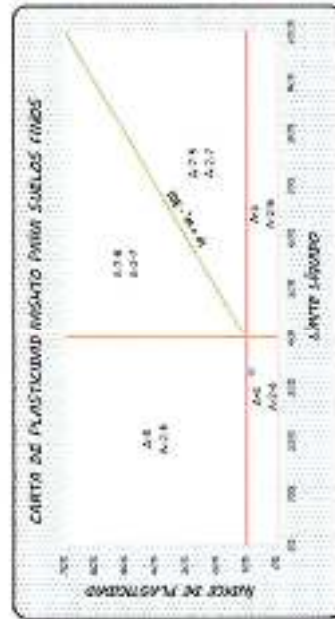


**TÍTULO:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUEBOS DE MADERA CON FIBRA DE COQUE DE CORTEZA DE EUCALIPTO CALA CUSO 2023

**Ubicación:** Sector Lombayoc, Comandancia C. de Urcuquí, El Cajas, Prov. Cajas, Depto. Cajas.  
**Calle:** Barrio W. Romero Vera.  
**Fecha:** Cajas, Mayo de 2023

**MUESTRA:** 02  
 0

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN USUARIO



### CÁLCULO DEL FACTOR DE GRUPO

$F = 0.029$	$F =$ Factor de particular relativo que tiene el valor 1.00
$W = 23.02$	$W =$ Límite líquido
$U = 0.72$	$U =$ Índice de plasticidad
$U = 0.29 + 0.0006W + 0.001U$	
$0.29 + 0.0006(23.02) + 0.001(7.2)$	
$0.29 + 0.013812 + 0.00072$	
$0.304532$	
$0.30$	
$0.30$	



## LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE SUELOS PARA PROYECTOS DE OBRAS CIVILES, PARA EL LAMBAYEQUE, TUMBES, SUCUMBAY, SECHURA Y  
 TACNA Y DISTRITO DE CALCA DE CUSCO, NORMA TECNICA DE MANEJO DE TIERRAS



**Proyecto:** DE INVESTIGACION: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO 2023  
**Ubicación:** Sector Gonzalesniyoc, Comunidad C. De Utraraqi, Dist. Calca, Prov. Calca, Depto. Cusco.  
**Solicita:** Bachiller: Mario W. Romero Vera.  
**Fecha:** Calca, Mayo del 2023 **MUESTRA - 03**

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	42.00	42.50	42.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	104.25	105.64	101.54
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	100.95	102.24	98.68
Peso del Agua (gr)	3.30	3.40	2.86
Peso de la Muestra Seca (gr)	58.95	59.74	56.68
Contenido de Humedad	5.60%	5.69%	5.05%



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 3.76%**





**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN, INGENIERÍA Y CIENCIAS  
 AV. SAN JUAN DE LOS RIOS, SECTOR DE LOS OLIVOS, CALCA, PERÚ

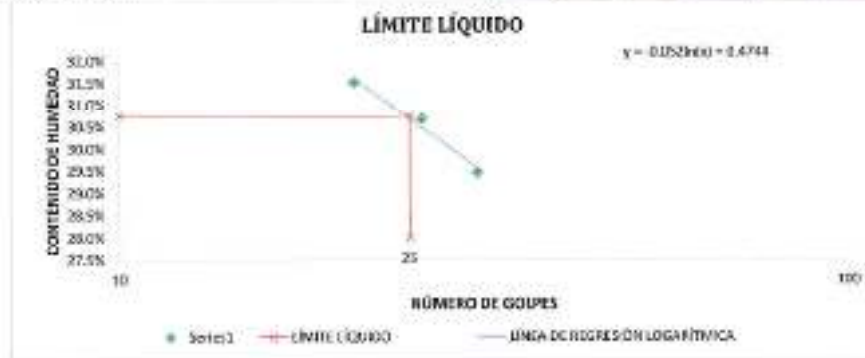


**Proyecto:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO 2023  
**Ubicación:** Sector Gonzalesniyo, Comunidad C. De Unuraqui, Dist. Calca, Prov. Calca, Dpto Cusco  
**Solicita:** Bachiler. Mario W. Romero Vera  
**Fecha:** Calca, Mayo del 2023 **MUESTRA = 03**

**LÍMITE LÍQUIDO**

MTCE 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-99

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	9.32	7.80	9.53
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	21.04	22.75	23.03
Peso de Capsula + Muestra Secca (gr)	20.01	19.24	19.78
Peso del Agua (gr)	3.15	3.51	3.23
Peso de la Muestra Secca (gr)	10.69	11.44	10.25
Contenido de Humedad	29.47%	30.66%	31.51%
Número de Golpes	31	26	23



**LÍMITE PLÁSTICO**

MTCE 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-99

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	18.64	18.64	18.75
Peso de Capsula +	54.05	53.07	53.18
Peso de Capsula +	31.00	30.25	30.41
Peso del Agua (gr)	3.05	2.82	2.77
Secca (gr)	12.56	11.63	11.66
Humedad	24.28%	24.29%	23.76%

**LÍMITE PLÁSTICO**



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN, INGENIERÍA Y CIENCIAS  
 Av. San Juan de los Ríos, Sector de los Olivos, Calca, Perú

LÍMITE LÍQUIDO = 30.75%
LÍMITE PLÁSTICO = 24.24%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 6.51%





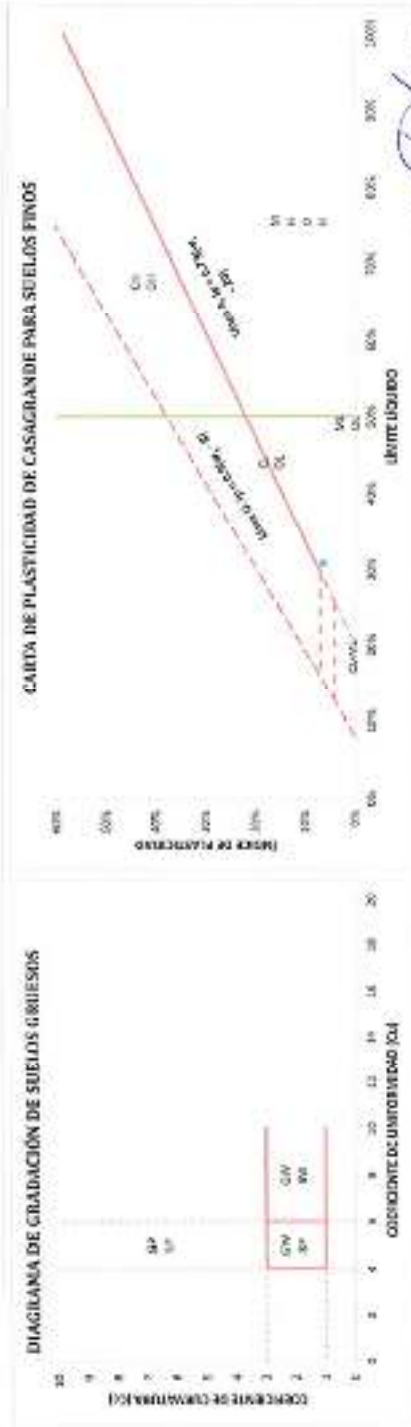
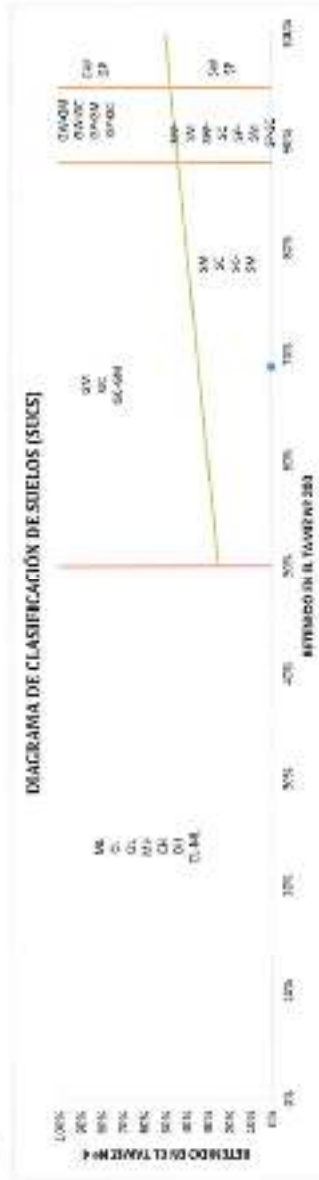
## LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INSTITUCIÓN EDUCATIVA PUNTO DE PARTIDA - BOGOTÁ  
 INSTITUCIÓN EDUCATIVA PUNTO DE PARTIDA - BOGOTÁ



**INSTITUCIÓN:** DE INVESTIGACIÓN RESISTENCIA DE MURDOS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTESA DE BIRGAL IPTO- CALCA-CUSCO 2023

**Dirección:** Soatse Generalizante, Comunidad E. De Yurayoga, Dist. Caba, Prov. Caba, Depto. Caba.  
**Sede:** Boquerón, Km 00 W, Boquerón Puro, Caba, Mayo del 2023 **MUESTRA:** = 03



CELEDA - Calle San Martín No. 484 - Bogotá - República de Colombia - CABA - COPIA - 03 - 04/23

*(Firma y Sello)*  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 INSTITUCIÓN EDUCATIVA PUNTO DE PARTIDA  
 BOGOTÁ





# LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS TECNOLÓGICOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALI  
DE SUELOS Y MATERIALES PARA INGENIEROS CIVILES, AMBIENTE, INGENIERÍA DE SISTEMAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA Y LOS RECURSOS HÍDRICOS

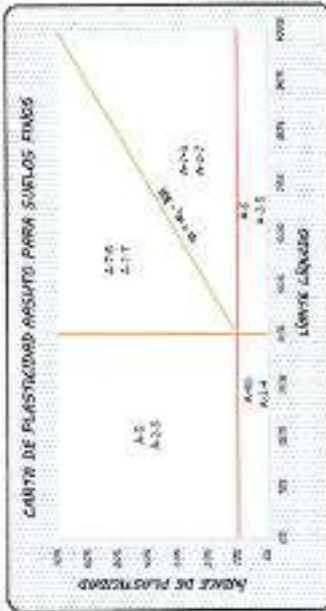


**Proyecto:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FERRALLA E IDENTIFICACIÓN DE CONEXIÓN DE CONJUNTO CALCA (FISICO) 2023

**Ubicación:** Sector Convencional, Comunalidad E. de Urueñal, Bst. Calá, Prov. Cauca, Depto. Cauca.  
**Solicitado:** Sachilén María W. Ramirez Vera.  
**Fecha:** Cali, Mayo del 2023

**MUESTRA:** M-03

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASBESTO



### CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO

$I_p = 24.05$   $I_p =$  Porcentaje de partículas más finas que pasan al tamiz Nº 200  
 $U_p = 20.75$   $U_p =$  Límite líquido  
 $I_p > U_p$   $I_p >$  Índice de plasticidad

$$I_p = 0.2a + 0.0005b + 0.001c$$

$a = I_p - 0.05$	$a = -0.05$	$a = 0.00$
$b = I_p - 0.05$	$b = 19.05$	$b = 19.05$
$c = U_p - 0.05$	$c = -0.25$	$c = 0.00$
$d = U_p - 0.05$	$d = -0.99$	$d = 0.00$

$$I_p = 0.2a + 0.0005b + 0.001c$$

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALI  
CALLE 14B N° 100-000, CALI, COLOMBIA

Oficina: Calle 14B N° 100-000, Cali, Colombia. Teléfono: +57 312 401 1000

## LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

DEPARTAMENTO PARA PROFESORES INGENIEROS, ARQUITECTOS, INGENIEROS DE SISTEMAS, INGENIEROS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA, INGENIEROS DE MINAS, INGENIEROS DE PETROLOGIA Y METALURGIA, INGENIEROS DE QUIMICA Y BIOTECNOLOGIA, INGENIEROS DE AGROPECUARIO Y ZOOTECNIA, INGENIEROS DE ALIMENTOS Y NUTRICION, INGENIEROS DE AMBIENTE Y SALUD, INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES, INGENIEROS DE SISTEMAS DE INFORMACION



**Proyecto:** DE INVESTIGACION: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTEZA DE CORTEZA DE EUCALIPTO CALCA-CUSCO 2023  
**Ubicación:** Sector San Jose, Comunidad C. De Unraqui, Dist. Calca, Prov. Calca, Dpto Cusco.  
**Solicita:** Bachiller: Mario W. Ramirez Vera.  
**Fecha:** Calca, Mayo del 2023 **MUESTRA = 04**

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCION	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	42.00	42.50	35.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	98.45	102.60	196.10
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	95.15	98.41	186.80
Peso del Agua (gr)	3.30	4.19	9.30
Peso de la Muestra Seca (gr)	53.75	55.91	151.80
Contenido de Humedad	6.21%	7.49%	6.13%



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 6.62%**

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 UNIVERSIDAD DEL CUSCO  
 Ing. W. RAMIREZ VERA  
 TECNICO EN SUELOS  
 2023-05-10





**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALCA

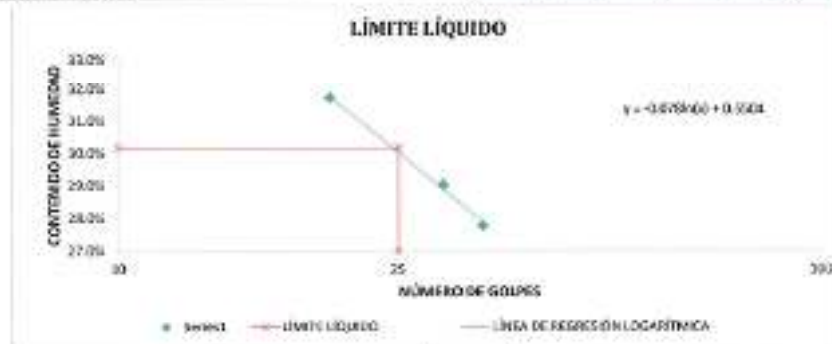


**Proyecto:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOBE CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO 2023  
**Ubicación:** Sector San José, Comunidad C. De Umuragu, Dist. Calca, Prov. Calca, Depto Cusco.  
**Solicitante:** Bachiller: Mario W. Romero Vera.  
**Fecha:** Calca, Mayo del 2023

MUESTRA = 04

**LÍMITE LÍQUIDO**  
 NTC E 110 - 2000. Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capota (gr)	9.32	7.85	8.53
Peso de Capota + Muestra Húmeda (gr)	23.85	23.05	23.28
Peso de Capota + Muestra Seca (gr)	20.70	18.93	20.12
Peso del Agua (gr)	3.16	3.52	3.36
Peso de la Muestra Seca (gr)	11.38	11.13	10.59
Contenido de Humedad	27.77%	29.82%	31.73%
Número de Golpes	33	29	20



**LÍMITE PLÁSTICO**  
 NTC E 111 - 2000. Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capota (gr)	11.28	7.85	8.53
Peso de Capota +	16.47	14.09	14.64
Peso de Capota +	17.13	13.33	13.63
Peso del Agua (gr)	3.35	1.31	1.28
Seca (gr)	5.05	5.52	4.50
Humedad	25.02%	23.69%	22.85%



LÍMITE LÍQUIDO = 30.17%
LÍMITE PLÁSTICO = 23.18%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 6.99%



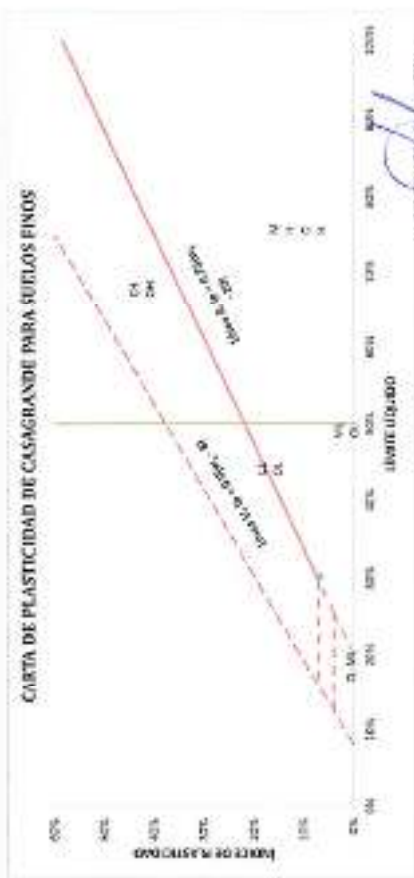
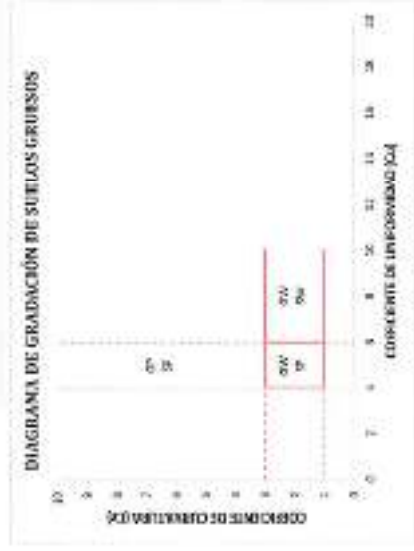
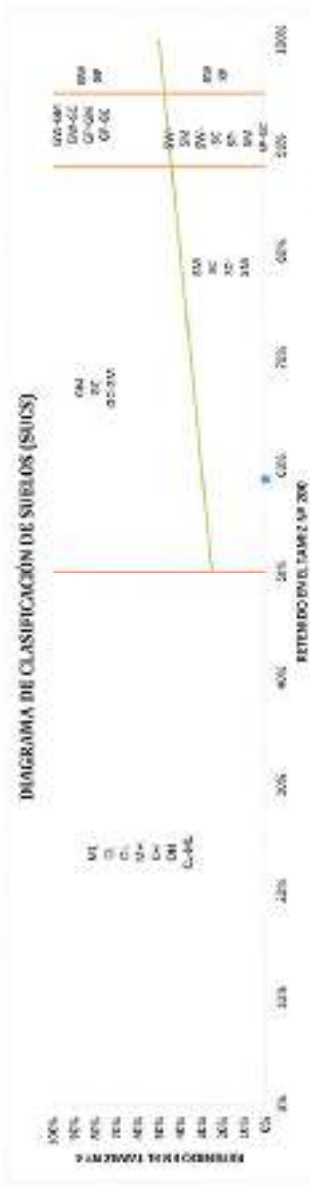
# LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

ESCUELA NACIONAL POLITÉCNICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DEL Cusco, PERÚ. DIRECCIÓN DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



**Proyecto:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUEBOS DE ADOSÉ CON FIBRA DE CORTESA DE EUCALIPTO CALCA CUSCO 2023

**Ubicación:** Sector San Juan Comaridad C. De Urubamba, Dist. Calca, Prov. Dales, Depto Cusco.  
**Solista:** Roshlyar Muroto R. Romero Piro.  
**Fecha:** Calca, Mayo del 2023 **MUESTRA = 08**



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
 ESCUELA NACIONAL POLITÉCNICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 CUSCO, PERÚ  
 Roshlyar Muroto R. Romero Piro  
 Ing. Civil

0001204 - Calca - San Juan de los Rios - Investigación: Resistencia de Muebles Adosados con Fibra de Eucalipto - 2023





# LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DEL PETROLERO, S.A. (INTEVEP)  
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DEL PETROLERO, S.A. (INTEVEP)

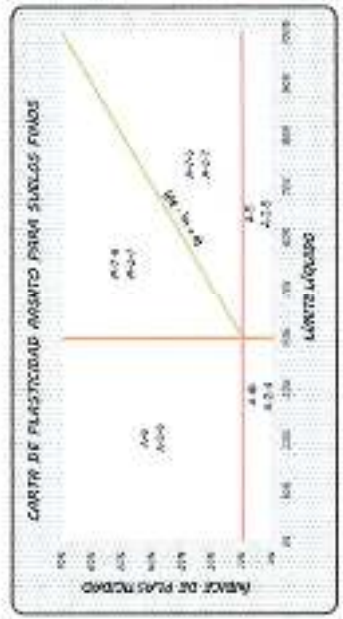
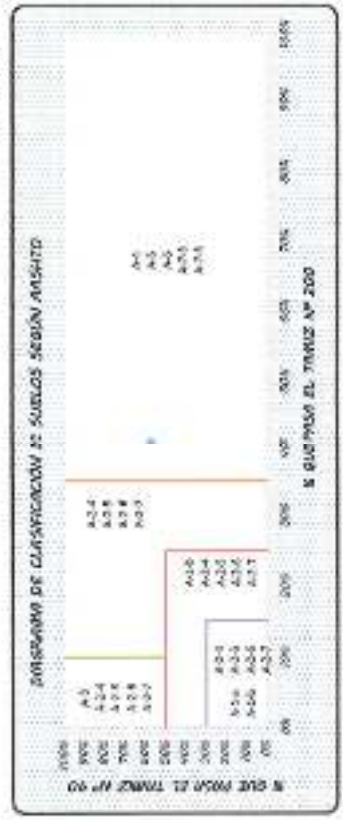


**Proyecto:** DE INVESTIGACIÓN: RESISTENCIA DE MUROS DE ADOSBE CON FIBRA DE CORTESA DE CORTESA DE BUCALIPTO CAUCA-CUSCO 2023

**Ubicación:** Sector San José Comunalidad C. De Itacajal, Itacajal, Pinar, Cúcuta, Depto. Cauca,  
**Sede:** Bucalipto, Bucalipto Vero,  
**Fecha:** Cúcuta, Mayo del 2023

**MUESTRA:** 04

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO



## Cálculo del Índice de grupo

$$I_p = 0.0095 \cdot P_{200} - 0.002 \cdot P_{60} - 0.001 \cdot P_{40} - 0.001 \cdot P_{20} - 0.001 \cdot P_{10} - 0.001 \cdot P_{5} - 0.001 \cdot P_{2.5}$$

$$I_p = 0.0095 \cdot 100 - 0.002 \cdot 100 - 0.001 \cdot 100 - 0.001 \cdot 100 - 0.001 \cdot 100 - 0.001 \cdot 100 - 0.001 \cdot 100$$

$P_{200} = 100$	$P_{60} = 100$	$P_{40} = 100$	$P_{20} = 100$	$P_{10} = 100$	$P_{5} = 100$	$P_{2.5} = 100$
$0.0095 \cdot 100 = 0.95$	$0.002 \cdot 100 = 0.2$	$0.001 \cdot 100 = 0.1$	$0.001 \cdot 100 = 0.1$	$0.001 \cdot 100 = 0.1$	$0.001 \cdot 100 = 0.1$	$0.001 \cdot 100 = 0.1$
$0.95$	$0.2$	$0.1$	$0.1$	$0.1$	$0.1$	$0.1$
$0.95 - 0.2 - 0.1 - 0.1 - 0.1 - 0.1 - 0.1 = 0.44$						

*(Firma manuscrita)*  
 MATEO GONZALEZ  
 INGENIERO EN CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS  
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DEL PETROLERO, S.A. (INTEVEP)

## Anexo 4

### Resultados de ensayos mecánicos

		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b> <b>INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.</b>				
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL</b> <b>NTP E.080-2017</b>						
PROYECTO:	"Resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto Calca, Cusco 2023"					
Ubicación:	Lugar:	Comunidad Unasqui		Provincia: Calca		
	Dirección:	Calca		Región: Cusco		
Hecho por:	Muestras:	Intensado		Fecha: Julio, 2023		
Solicitante:	Eng. Mario Wilbert Romero Vera			Tipo de catura: Diagonal, 28 días secado		
MUESTRA DE ADOBE CONTROL						
ESPECÍMEN	DIMENSIONES (mm)			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA	f <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	a1	a2	a <sub>0</sub>	2a <sub>0</sub>	F (kgf)	
SAC-1	87.00	68.80	18.00	243.80	225.00	0.14
SAC-2	87.00	68.80	18.00	243.80	275.00	0.13
SAC-3	87.00	68.80	18.00	243.80	495.00	0.20
SAC-4	87.00	68.80	18.00	243.80	288.00	0.15
SAC-5	87.00	68.80	18.00	243.80	688.00	0.27
SAC-6	87.00	68.80	18.00	243.80	288.00	0.14
MUESTRA DE ADOBE 10% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO						
ESPECÍMEN	DIMENSIONES (mm)			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA	f <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	a1	a2	a <sub>0</sub>	2a <sub>0</sub>	F (kgf)	
PCE 10% - 1	87.00	68.80	18.00	243.80	350.18	0.14
PCE 10% - 2	87.00	68.80	18.00	243.80	285.75	0.12
PCE 10% - 3	87.00	68.80	18.00	243.80	388.75	0.16
PCE 10% - 4	87.00	68.80	18.00	243.80	621.23	0.26
PCE 10% - 5	87.00	68.80	18.00	243.80	245.15	0.10
PCE 10% - 6	87.00	68.80	18.00	243.80	2012.70	0.42
MUESTRA DE ADOBE 12.5% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO						
ESPECÍMEN	DIMENSIONES (mm)			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA	f <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	a1	a2	a <sub>0</sub>	2a <sub>0</sub>	F (kgf)	
PCE 12.5% - 1	87.00	68.80	18.00	243.80	642.54	0.26
PCE 12.5% - 2	87.00	68.80	18.00	243.80	656.08	0.27
PCE 12.5% - 3	87.00	68.80	18.00	243.80	898.19	0.40
PCE 12.5% - 4	87.00	68.80	18.00	243.80	721.79	0.30
PCE 12.5% - 5	87.00	68.80	18.00	243.80	2182.98	0.79
PCE 12.5% - 6	87.00	68.80	18.00	243.80	2185.71	0.48
MUESTRA DE ADOBE 15% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO						
ESPECÍMEN	DIMENSIONES (mm)			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA	f <sub>v</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	a1	a2	a <sub>0</sub>	2a <sub>0</sub>	F (kgf)	
PCE 15% - 1	87.00	68.80	18.00	243.80	746.07	0.28
PCE 15% - 2	87.00	68.80	18.00	243.80	751.17	0.31
PCE 15% - 3	87.00	68.80	18.00	243.80	2145.54	0.48
PCE 15% - 4	87.00	68.80	18.00	243.80	872.22	0.36
PCE 15% - 5	87.00	68.80	18.00	243.80	2462.80	0.68
PCE 15% - 6	87.00	68.80	18.00	243.80	2155.25	0.57
RESUMEN Y EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAGONAL (f <sub>v</sub> )						
ESPECÍMEN	DEVIACION ESTANDAR (kgf/cm <sup>2</sup> )	CORRIENTE VARIACION (%)	f <sub>v</sub> CORREGIDA (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>v</sub> - MÍNIMA (kgf/cm <sup>2</sup> ) NTP E.080		
MC = 0.0%	0.948	21.18%	0.17	0.23	NO CUMPLE	
PCE = 10%	0.308	21.30%	0.20		CUMPLE	
PCE = 12.5%	0.958	28.16%	0.34		CUMPLE	
PCE = 15%	0.882	28.16%	0.41		CUMPLE	





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y ASFALTO  
INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.**

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN  
NTP 399.078**

<b>PROYECTO:</b>	"Resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto Calca, Cusco 2023"		
<b>Ubicación:</b>	<b>Lugar:</b>	Comunidad Umaraqui	<b>Provincia:</b> Calca
	<b>Distrito:</b>	Calca	<b>Región:</b> Cusco
<b>Hecho por:</b>	<b>Muestreo:</b>	Interesado	<b>Fecha:</b> Julio, 2023
<b>Solicitante:</b>	Bach. Mario Wilbert Romero Vera		<b>Tipo de rotura:</b> Flexión, 28 días secado

**MUESTRA DE ADOBE CONTROL**

ESPECIMEN	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CARGA MÁXIMA		M <sub>0</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
				KN	kgf	
MC-1	18.00	12.00	35.00	0.55	56.00	0.76
MC-2	18.00	12.00		0.57	58.00	0.78
MC-3	18.00	12.00		0.64	65.00	0.88
MC-4	18.00	12.00		0.61	62.00	0.84
MC-5	18.00	12.00		0.59	60.00	0.81
MC-6	18.00	12.00		0.57	58.00	0.78

**MUESTRA DE ADOBE 10% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO**

ESPECIMEN	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CARGA MÁXIMA		M <sub>0</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
				KN	kgf	
FCE 10% - 1	18.00	12.00	35.00	0.90	92.13	1.24
FCE 10% - 2	18.00	12.00		0.91	94.00	1.34
FCE 10% - 3	18.00	12.00		1.24	128.75	1.71
FCE 10% - 4	18.00	12.00		1.18	117.80	1.59
FCE 10% - 5	18.00	12.00		1.14	115.80	1.56
FCE 10% - 6	18.00	12.00		1.09	110.78	1.50

**MUESTRA DE ADOBE 12.5% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO**

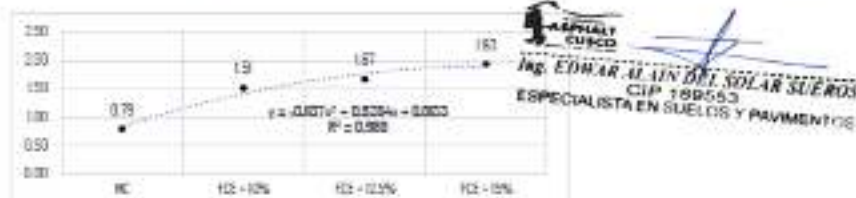
ESPECIMEN	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CARGA MÁXIMA		M <sub>0</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
				KN	kgf	
FCE 12.5% - 1	18.00	12.00	35.00	0.99	101.55	1.37
FCE 12.5% - 2	18.00	12.00		1.00	102.40	1.38
FCE 12.5% - 3	18.00	12.00		1.57	159.42	1.88
FCE 12.5% - 4	18.00	12.00		1.38	138.40	1.73
FCE 12.5% - 5	18.00	12.00		1.25	127.18	1.72
FCE 12.5% - 6	18.00	12.00		1.21	122.97	1.66

**MUESTRA DE ADOBE 15% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO**

ESPECIMEN	b (cm)	h (cm)	L (cm)	CARGA MÁXIMA		M <sub>0</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
				KN	kgf	
FCE 15% - 1	18.00	12.00	35.00	1.11	120.59	1.63
FCE 15% - 2	18.00	12.00		1.16	118.78	1.60
FCE 15% - 3	18.00	12.00		1.59	161.71	2.18
FCE 15% - 4	18.00	12.00		1.47	149.25	2.03
FCE 15% - 5	18.00	12.00		1.41	146.89	1.98
FCE 15% - 6	18.00	12.00		1.40	142.64	1.91

**RESUMEN DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (M<sub>0</sub> )**

ESPECIMEN	DESVIACION ESTANDAR (kgf/cm <sup>2</sup> )	COEFICIENTE VARIACION (%)	M <sub>0</sub> CORREGIDA (kgf/cm <sup>2</sup> )	M <sub>0</sub> mínimas (kgf/cm <sup>2</sup> ) SEGÚN NTP 399
MC	0.075	4.727%	0.79	1.42
FCE = 10%	0.079	4.9407%	1.24	
FCE = 12.5%	0.082	4.678%	1.87	
FCE = 15%	0.086	4.751%	1.93	







**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y ASFALTO  
INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (PILAS)  
NTP E.080-2017**

<b>PROYECTO:</b>	"Resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto Calca, Cusco 2023"		
<b>Ubicación:</b>	Lugar: Comunidad Ustaraq	Provincia: Calca	
	Distrito: Calca	Región: Cusco	
<b>Hecho por:</b>	Muestras: Inmerso	Fecha: Julio, 2023	
<b>Solicitante:</b>	Bach. Mano Wilbert Romero Vera	Tipo de rotura: Murete en pilas, 28 días secado	

**MUESTRA DE ADOBE CONTROL**

ESPECIMEN	ÁREA DE CARGA (cm²)				CARGA MÁXIMA		f <sub>m</sub> (kgf/cm²)
	a	b	h	h <sub>n</sub>	KN	P <sub>u</sub> (kgf)	
MC-1	33.00	40.00	54.00	3.00	43	4575	6.08
MC-2	33.00	40.00	54.00	3.00	45	4463	6.11
MC-3	33.00	40.00	54.00	3.00	43	4383	6.27
MC-4	33.00	40.00	54.00	3.00	40	4082	6.02
MC-5	33.00	40.00	54.00	3.00	43	4603	6.28
MC-6	33.00	40.00	54.00	3.00	47	4754	6.66

**MUESTRA DE ADOBE 10% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO**

ESPECIMEN	ÁREA DE CARGA (cm²)				CARGA MÁXIMA		f <sub>m</sub> (kgf/cm²)
	a (ancha)	b (largo)	h (altura)	h <sub>n</sub>	KN	P <sub>u</sub> (kgf)	
FCE 10%-1	33.00	40.00	54.00	3.00	43	5475	8.66
FCE 10%-2	33.00	40.00	54.00	3.00	45	4934	8.54
FCE 10%-3	33.00	40.00	54.00	3.00	47	4878	9.23
FCE 10%-4	33.00	40.00	54.00	3.00	73	7373	10.24
FCE 10%-5	33.00	40.00	54.00	3.00	43	4973	9.27
FCE 10%-6	33.00	40.00	54.00	3.00	49	4999	9.72

**MUESTRA DE ADOBE 12.5% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO**

ESPECIMEN	ÁREA DE CARGA (cm²)				CARGA MÁXIMA		f <sub>m</sub> (kgf/cm²)
	a	b	h	h <sub>n</sub>	KN	P <sub>u</sub> (kgf)	
FCE 12.5%-1	33.00	40.00	54.00	3.00	71	7200	10.00
FCE 12.5%-2	33.00	40.00	54.00	3.00	48	4962	9.67
FCE 12.5%-3	33.00	40.00	54.00	3.00	74	7565	10.51
FCE 12.5%-4	33.00	40.00	54.00	3.00	76	7963	11.06
FCE 12.5%-5	33.00	40.00	54.00	3.00	73	7405	10.30
FCE 12.5%-6	33.00	40.00	54.00	3.00	77	7939	10.89

**MUESTRA DE ADOBE 15% FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO**

ESPECIMEN	ÁREA DE CARGA (cm²)				CARGA MÁXIMA		f <sub>m</sub> (kgf/cm²)
	a	b	h	h <sub>n</sub>	KN	P <sub>u</sub> (kgf)	
FCE 15%-1	33.00	40.00	54.00	3.00	81	8232	11.44
FCE 15%-2	33.00	40.00	54.00	3.00	77	7983	10.95
FCE 15%-3	33.00	40.00	54.00	3.00	85	8700	12.08
FCE 15%-4	33.00	40.00	54.00	3.00	89	9078	12.41
FCE 15%-5	33.00	40.00	54.00	3.00	84	8516	11.85
FCE 15%-6	33.00	40.00	54.00	3.00	89	9083	12.43

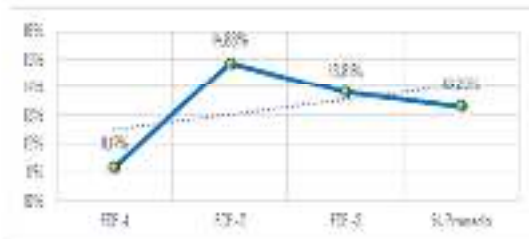
**RESUMEN Y EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (f<sub>m</sub>)**

ESPECIMEN	DEVIACIÓN ESTÁNDAR (kgf/cm²)	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	f <sub>m</sub> CORREGIDO (kgf/cm²)	f <sub>m</sub> MÍNIMA (kgf/cm²) SEGÚN NTP E 080
MC - 0.0%	0.223	3.421%	6.28	6.12
FCE - 10%	0.255	3.858%	9.24	
FCE - 12.5%	0.265	2.859%	10.32	
FCE - 15%	0.144	2.799%	11.64	





		<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b> INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.				
<b>HUMEDAD RELATIVA DE LA FIBRA DE CORTEZA DE EUCALIPTO (FCE)</b>						
<b>PROYECTO:</b>	"Resistencia mecánica de muros de adobe reforzado con fibra de corteza de eucalipto Calca, Cusco 2023"					
<b>Ubicación:</b>	<b>Lugar:</b> Comunidad Unazaqui	<b>Provincia:</b> Calca				
	<b>Distrito:</b> Calca	<b>Región:</b> Cusco				
<b>Hecho por:</b>	<b>Muestras:</b> Interesado	<b>Fecha:</b> Julio, 2023				
<b>Solicitante:</b>	Bach. Mario Wilbert Romero Vera	<b>Tipo:</b> Fibras de (10-12 cm) de largo				
<b>POSCENTAJE DE HUMEDAD FCE</b>						
MUESTRA	Unidad	Cantidad	P <sub>h</sub>	P <sub>s</sub>	% Humedad	Temperatura
FCE -1	gr	100	80,10	71,15	11,17%	25 °C
FCE -2	gr	100	83,81	71,70	14,88%	25 °C
FCE -3	gr	100	82,20	70,85	13,81%	25 °C
<b>% Promedio</b>					<b>13,29%</b>	



  
**Ing. EDUAR ALONSO DEL SOCOR SUEROS**  
 CIP 189553  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

## Anexo 5

### Calibración de los equipos de laboratorio



## SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SMF - 043 - 2023

		Página 1 de 3
Expediente	23-0088	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es tratado a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
1. Solicitante	INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.	
2. Dirección	Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO	
3. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	112168 kgf	
Marca	FORNEY	
Modelo	F-1100KN-VFD-220	
Número de Serie	20019	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	U.S.A.	
Indicación	DIGITAL	
Marca	FORNEY	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,1 kgf	
4. Fecha de Calibración	2023-06-06	
5. Fecha de Emisión	2023-06-21	

Sello

Jefe de Laboratorio



Firmado digitalmente por  
ELEAZAR CESAR CHAVEZ  
RARAZ

Fecha: 2023.06.22 09:13:28  
-05'00'

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
SMM - 089 - 2023

		Página 1 de 4
Expediente	23-0000	
1. Solicitante	INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Dirección	Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO	
3. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	30 000 g	
División de escala	1 g	
División de verificación	10 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	N31P30	
Número de Serie	8337240269	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
4. Fecha de Calibración	2023.06.06	
5. Fecha de Emisión	2023.06.27	

Sello

Jefe de Laboratorio




Firmado digitalmente por  
ELEAZAR CESAR CHAVEZ  
RARAZ  
Fecha: 2023.06.27 14:52:08  
-05'00'

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**SMM - 091 - 2023**

Página 1 de 4

<b>Expediente</b>	23-0088	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS &amp; METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
<b>1. Solicitante</b>	INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.	
<b>2. Dirección</b>	Mza. D Lote 1 Urb. Los Jardines, Wanchaq - Cusco - CUSCO	
<b>3. Equipo de medición</b>	BALANZA ELECTRÓNICA	
<b>Capacidad Máxima</b>	6000 g	
<b>División de escala</b>	0,1 g	
<b>División de verificación</b>	0,1 g	
<b>Clase de exactitud</b>	II	
<b>Marca</b>	OHAUS	
<b>Modelo</b>	B832476157	
<b>Número de Serie</b>	SE5001F	
<b>Identificación</b>	NO INDICA	
<b>Procedencia</b>	U.S.A.	
<b>Ubicación</b>	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO	
<b>4. Fecha de Calibración</b>	2023-06-06	
<b>5. Fecha de Emisión</b>	2023-06-27	

Sello



Jefe de Laboratorio



Firmado digitalmente por  
**ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ**  
Fecha: 2023.06.27 18:14:43  
-05'00'



1. SOLICITANTE : INVERSIONES ASPHALT CUSCO E.I.R.L.  
DIRECCIÓN : Av. República de Perú Urb. Los Jardines B-1 Wanchaq - Cusco

2. EQUIPO : HORNO ELECTRICO  
MARCA : PyS EQUIPOS  
MODELO : STHX-1A  
PROCEDENCIA : CHINA  
SERIE : 13013  
UBICACIÓN : LABORATORIO CLIENTE - CUSCO  
TEMPERATURA DE TRABAJO : 120 °C

DESCRIPCIÓN	CONTROL	INSTRUMENTO DEL EQUIPO
ALCANCE DE INDICACIÓN	225 °C	(*)
DIV. ESCALA / RESOLUCIÓN	25 °C	(*)
TIPO	DIGITAL	(*)

3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN

La calibración se efectuó el 17 de Julio del 2020 en las instalaciones del laboratorio del cliente

4. MÉTODO Y PATRÓN DE MEDICIÓN :

La calibración se efectuó por comparación con patrones que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, tomando como referencia el Procedimiento de Calibración de Incubadoras y Estufas PC-007 del SNM/INCOEOP.

Se utilizó un termómetro patrón con Certificado de Calibración N° LT-757-2013 trazable al SNM/INCOEOP.

5. RESULTADOS :

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Ambiental: 15°C Humedad Relativa: 60% Presión Ambiental: 1 bar

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

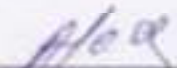
La incertidumbre de la medición se ha determinado con un factor de cobertura  $k = 2$ , para un nivel de confianza de 95% aproximadamente.

6. OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO" (\*). El equipo solo cuenta con un control analógico de temperatura.

La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentos vigentes.

Los resultados se refieren únicamente al instrumento ensayado en el momento de la calibración y en las condiciones especificadas en este documento. No se realizó ningún tipo de ajuste al equipo antes de la calibración.

  
Ansel Castro Espinoza  
Técnico en Metrología



Calle 4, Mz F1 L1 00 UPS, Virgen del Rosario - Lima 21  
Tel.: 822 8723 / 485 3872 Rpm: #945 183 833 / #945 181 317 Cel.: 945 183 833 / 945 181 317  
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

# Product Certification

## This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-2715

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM D698, ASTM D 1557

PRODUCT DESCRIPTION: LIQUID LIMIT MACHINE WITH COUNTER

MODELO: LA-2715

SERIE: 21

FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is based on a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on this date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INSTRUMENTS", since the calibrator has absolutely no control over the fabric operation, storage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or self-induced performance of said instrument(s) which shall be deemed to be and which shall remain the only responsibility of the machine's regular operator, owner and/or maintenance.



**FORNEY**

WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1507 Broadway Ave., Harrisburg, PA 17104  
Phone 717-646-7400 Fax 717-646-7408  
email: sales@forneyinstruments.com

# Product Certification

## This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LAC-3759

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM D618  
AASHTO T98  
MS 127.2

PRODUCT DESCRIPTION: PLASTIC LIMIT TEST TEST

MODELO: LAC-3759

#### FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customer, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required, was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibration has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, modification, or sub-standard performance of said instrument(s) which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machine's regular operator, owner and/or manufacturer.



**FORNEY**

WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1767 Broadway Ave., Horsham, PA 19049  
Phone 726-246-7600 Fax: 726-246-7608  
email - sales@forneyinc.com





E.  
I.  
R.  
L.  
/to.



# Product Certification This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

**PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC**

**PRODUCT ITEM NUMBER: LA012**

**MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM C128  
ASPHOSTEM  
R3011**

**PRODUCT DESCRIPTION: FINE AGGREGATE SPECIFIC GRAVITY**

**MODEL: LA012**

**SERIE: 21**

### FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that the data for the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a statement or warranty of any kind on the part of the client, the client's customer, or the public at large that the instrument(s) will continue to meet the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date when the calibration and adjustment if required was performed and reported by "FORNEY CALIBRATION CENTER", since the calibration has absolutely no impact over the linear operation, storage, maintenance regimen and overall condition of the instrument(s) and further, especially, deviations are not at all likely to be caused by all parties acting or resulting from transportation, deterioration, malfunction, or job standard performance of said instrument(s) which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machine's original manufacturer, owner and/or user(s).



**WORLD-CLASS ISO 9000:2015 TESTING**  
2107 Broadway Ave., Huntington, IN 46748  
Phone: 765.436.7900 Fax: 765.436.7908  
email: sales@forneylab.com

E.  
R.  
L.  
S.

# Product Certification This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-3331

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: Meets the following standards ASTM D6419  
AASHTO T176  
EN 933-6

PRODUCT DESCRIPTION: SAND EQUIVALENT TEST SET

MODEL: LA-3331

SERIE: 53

#### FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued to a customer of the fact that on this date the above instrument had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Contract or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customer, or the public at large) that the instrument will continue to retain the same percentage (% of accuracy or efficiency as determined on this date, when the calibration and adjustment if required was performed and accepted by "FORNEY INCORPORATED", since the customer has absolutely no control over the future operation, storage, maintenance repairs and overall condition of the instrument; and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from: Accidents, destruction, malfunctions, or sub-standard performance of said instrument(s) which shall be deemed to be, and which shall remain the sole responsibility of the customer regular customer, owner and/or manufacturer.



**FORNEY**

WORLDY EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1367 Broadway Ave., Haverhill, MA 02149  
Phone 781-340-7400 Fax 781-340-7400  
email - sales@forneyinc.com

## Product Certification This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LAJ200

MANUFACTURING SPECIFICATION: ASTM D1556, ASTM D1557, EN 12697

PRODUCT DESCRIPTION: SAND CONE DENSITY APPARATUS

MODEL: LAJ200

SERIAL: 100

### FORNEY SUPPLEMENTAL

This Certificate is based on a statement of the fact that on the date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a guarantee or warranty of any kind on the part of the client, the client's customers, or the public in regard to the instrument(s) with accuracy to within the stated percentage (% of accuracy or tolerance) as determined on the date, under the conditions and adjustments if required were performed and reported by "FORNEY CALIBRATION GROUP", since the calibration has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and thereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, misadjustment, modification, or any standard performance of said instrument(s) which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the instrument owner/ user/client, owner user or manufacturer.



WORLDWIDE IN MATERIAL TESTING  
1707 Woodland Ave., Birmingham, AL 35240  
Phone: 205-344-7900 Fax: 205-344-7908  
e-mail: [sales@forneyinc.com](mailto:sales@forneyinc.com)

E.  
I.  
R.  
L.  
S.  
C.

# PyS EQUIPOS

Comercialización de Equipos de Laboratorio de Ingeniería Civil, Suelos, Asfaltos, Concretos, Témicas, Mantenimiento y Reparación.

## INFORME TECNICO EQUIPO DE ECONOCAP

MANUFACTURADO POR

**PyS EQUIPOS E.I.R.L.**  
**EQUIPOS DE LABORATORIO**

Plato de retención magnetado	6" diámetro
Serie	100
Incluye un juego de almohadillas de neopreno	12 x 2 mm

**El Equipo de Econocap ha sido fabricado, examinado y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con las especificaciones de las normas:**

Norma de ensayo: ASTM C- 1231

Fecha: Marzo 10 del 2021

Aprobado:

  
Dpto. Metrología Arned Castillo

**PyS  
EQUIPOS**

Calle S. Ma. Yri 123 (Calle Virgen del Rosario) - Lima 21  
Tel: 522 8728 / 485 3873  
RPA: #99018 2020 / #99018 1217  
Cul.: #0518 3033 / #0518 1217  
[www.pys.pe](http://www.pys.pe)

OPTO. METROLOGIA  
PyS EQUIPOS E.I.R.L.

I. R. L.





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON  
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° V4523049**

Expediente : N° 0042-2023 Página 1 de 2  
Fecha de Emisión : 2023-03-23

**1. SOLICITANTE** : VERA GUEVARA FELIX PUBLIO  
**DIRECCIÓN** : calle san martin 969 calca - Cusco

El equipo de medición especificado en este documento ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la división de Metrología del INACAL y otros.

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : MOLDE CBR

Los resultados sólo están relacionados con los items calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o de reglamentaciones vigentes.

Marca : PALID  
Modelo : PE/002 1  
Número de Serie : 4523019  
Estructura : Metálica  
Acabado : Zincado  
Procedencia : PERU  
Identificación : No aplica  
Ubicación : Instalaciones de CALITEST S.A.C

CALITEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí descritos. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN**

Fecha : 2023-03-23  
Lugar : Laboratorio de CALITEST S.A.C

**4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 Sta Est. 2012, "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma ASTM D 1665, AASHTO T 163 y MTC E 110 CBR de Seelos.

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23.3	23.4
Humedad Relativa (%)	60	57

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

PREPARADOR	REVISOR / TITULAR	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
ME TROSYSTEMS S.R.L.	Pie de Rey (Verian)	MS-0075-2022

Sello

Laboratorio de Metrología



**CALITEST S.A.C.**



**CALITEST SAC**

Tto. ARMANDO JUNIOR PIZANGO NOZOMBITE  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. SHANMARCOS MADRE  
MES LAS PIZANGO  
CIP 256285  
JEFE DE LABORATORIO

FEI-25

Rev06

Elaborado: PFBP

Revisado: GAMP

Aprobado: AJPW

DIRECCIÓN REGIONAL CAL - ANCOAS Nº 028, ARENA - LIMA - LIMA  
Tel: 562 8972 Cel: 912270021 / E-mail: servicioalcliente@cal.com.pe, certificacion@caltest.com.pe / Web: caltest.com.pe

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO**



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON  
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° V2123011**

Expediente : N° 0043-2020  
Fecha de Emisión : 2023-03-23 Página 1 de 1

**1. SOLICITANTE**  
: VERA GUEVARA FELIX PUBLIO  
: calle san martin 988 cacha - Quico

El equipo de medición especificado en este documento ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**  
: MARTILLO PROCTOR MODIFICADO 10 LBS  
Marca : PALO  
Modelo : PE1003.1  
Número de Serie : 2023007  
Estructura : Metalico  
Acabado : Zincado  
Procedencia : PERU  
Identificación : No indica  
Ubicación : Instalaciones de CALITEST S.A.C.

Los resultados sólo están relacionados con los items calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

**3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN**  
Fecha : 2023-03-23  
Lugar : Laboratorio de CALITEST S.A.C.

CALITEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**4. MÉTODO Y TRAZABILIDAD**  
Método: La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencial el procedimiento de producción PE-010 del Cal. 2012, "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", JMI EQUIPOS S.A.C. (INACAL) y la Norma ASTM D 457 y MTC E 115 Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada (56 000 joules) (P. 100 Id-mv66).  
Trazabilidad: Equipo con Certificado de Calibración N° MS-0075-2022 de METROSYSTEMS y MD-0088-2023 de METROL S.A.C.

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inici	Final
Temperatura (°C)	20.3	20.4
Humedad Relativa(%)	60	57

**6. OBSERVACIONES**  
No presenta ninguna observación.

**7. RESULTADOS**

	Promedio	Mediciones				
Peso Martillo (g)	4530 OK	4535	4535	4535	4535	4530
		Peso especificado: 4530 ± 5				
Ø Cera Impacto (mm)	50.74 OK	50.74	50.74	50.74	50.74	50.74
		Diámetro especificado: 50.8 ± 0.13				
Altura de Caída (mm)	457.00 OK	457.00	457.00	457.00	457.00	457.00
		Altura Especificada: 457.2 ± 1.6				

Sello

Laboratorio de Metrología



**CALITEST S.A.C.**



**CALITEST SAC**

Ing. JUAN CARLOS HERRERA RODRIGUEZ  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

Ing. GIANMARCO ALDREO  
MESTRE PRANCO  
CIP: 256285  
JEFE DE LABORATORIO

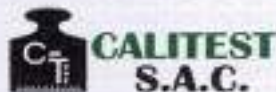
Elaborado: PFGP

Revisado: GAMP

Aprobado: AJPM

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANCAS N° 628, 01154 - LIMA - LIMA  
Tel: 502 8572 Cal: 323076321 / E-mail: servicios@calitestac.com, certificacion@calitestac.com / Web: calitestac.com  
**PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO**





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON  
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° V1823011

Página 1 de 2

Expediente	: N° 0042-2023	
Fecha de Emisión	: 2023-03-29	
<b>1. SOLICITANTE</b>	: VERA GUEVARA FELIX PUBLIO	El equipo de medición especificado en este documento ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la dirección de Metrología del INACAL y otros.
DIRECCIÓN	: calle san martin 969 calca - Cuzco	
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: COPA CASAGRANDE - LIMITE LIQUIDO	Los resultados solo están relacionados con los items calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a regulaciones vigentes.
Marca	: PFLUO	
Modelo	: PE7013-1	CALITEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Número de Serie	: 1623006	
Mecanismo	: Manual	
Material	: Acero	
Contador	: Digital	
Procedencia	: PERU	
Identificación	: No indica	
Ubicación	: Instalaciones de CALITEST S.A.C.	
<b>LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN</b>		
Fecha	: 2023-03-23	
Lugar	: Laboratorio de CALITEST S.A.C.	
<b>4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</b>		
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 9a. Ed., "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del Instituto Nacional de la Calidad - INACAL y la Norma del MTC 110.		
<b>5. CONDICIONES AMBIENTALES</b>		
Temperatura (°C)	Inicia: 28.5	Final: 29.4
Humedad Relativa (%)	80	57
<b>6. TRAZABILIDAD</b>		
Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
METROSYSTEMS	Verier (Pie de Rey)	MS-0015-2022
<b>7. OBSERVACIONES</b>		
No presenta ninguna observación.		

Sello

Laboratorio de Metrología



**CALITEST S.A.C.**

Tco. ARMANDO JUNIOR PIZANGO MOZOMBITI  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA



**CALITEST SAC**

Ing. GUANMARCO ANDRE  
MESTAS PIZANGO  
CIP: 256285  
JEFE DE LABORATORIO

FE-18

Rev03

Elaborado: PFSF

Revisado: GAMP

Aprobado: ALPM

DIRECCIÓN INACAL: CAL. ANGLAS N° 626, 88008 - LIMA - LIMA  
Tel.: 542 8972 Cal. 825016221 / E-mail: servicio@calitesbac.com, cert@inacal.org.pe/inacal.com / Web: calitesbac.com

**PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO**

3. RESULTADO DE MEDICIÓN

Dimensiones	Apertura de Límite Líquido			Base				Paralelidad Extremo Superior		
	A	D	C	N	K	L	M	a	b	c
Descripción	Radio de la Copa	Espesor de la Copa	Profundidad de la Copa	Copa desde la gata del elevador hasta la base	Radio	Largo	Ancho	Superior	Borde Cortante	Ancho
Módulo, mm	64	2.0	27	47	50	150	126	10.0	2.0	13.5
Tolerancia, mm	± 2	± 0.1	± 1	± 1.5	± 0.5	± 0.5	± 0.5	± 0.1	± 0.1	± 0.1
Ingles, pug	2.13	0.079	1.063	1.850	1.97	4.92	4.92	0.394	0.079	0.531
Tolerancia, pug	0.08	0.004	0.4	0.6	0.2	0.2	0.2	0.004	0.004	0.004

	Dato Medido (mm)	Tolerancia (mm)	Resultado
<b>Copa</b>			
Radio	64	± 2	OK
Profundidad	27.01	± 1	OK
<b>Base</b>			
Copa desde el elevador	47.55	± 1.5	OK
Radio	47.80	± 0.5	OK
Largo	150.40	± 0.5	OK
Ancho	126.15	± 0.5	OK
Hoja	5.50	± 0.1	OK
<b>Paralelidad de ASNO</b>			
Cuadrado Calibrador	9.89	± 0.2	OK
Radio	10.01	± 0.1	OK
Borde Cortante	2.57	± 0.1	OK
Ancho	13.31	± 0.1	OK



Laboratorio de Metrología

**CALITEST S.A.C.**



**CALITEST SAC**

Tec. ANANÍO JORGE PIZANGO NOZOMBETE  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA

Mg. GIANMARCO ANDRÉ  
MESTAS PIZANGO  
/ CIP 254265  
JEFE DE LABORATORIO

Elaborado: PESP

Revisado: GAMP

Aprobado: AJPM



## Anexo 6

### Data de la prueba estadística

#### Subconjuntos homogéneos

Resistencia a compresión diagonal			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
NT	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		1	2
0%-0%	4	,21750	
0%-10%	4	,37500	,37500
0%-12.0%	4		,42776
0%-15%	4		,50175
$\bar{S}_g$		,119	,249

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utilice el tamaño de la muestra de la media aritmética = 4,000.

Resistencia a flexión				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
NT	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
0%-0%	4	,32700		
0%-10%	4		,1,54075	
0%-12.5%	4		,1,74925	
0%-15%	4			,2,02526
$\bar{S}_g$		1,020	104	1,200

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utilice el tamaño de la muestra de la media aritmética = 4,000.

Resistencia a la compresión axial				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
NT	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
0%-0%	4	0,05370		
0%-10%	4		0,02900	
0%-12.5%	4			10,08533
0%-15%	4			12,23720
$\bar{S}_g$		1,300	1,300	1,020

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utilice el tamaño de la muestra de la media aritmética = 4,000.

Análisis de variación de la resistencia mecánica diagonal			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
NT	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		1	2
0%-0%	4	-18,04620	
0%-10%	4	50,11920	50,11920
0%-12.0%	4		71,05475
0%-15%	4		100,68925
$\bar{S}_g$		,117	,251

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utilice el tamaño de la muestra de la media aritmética = 4,000.

Análisis de variación de la resistencia mecánica flexión			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
NT	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		1	2
0%-1%	4	-41,76925	
0%-10%	4		17,00200
0%-12.0%	4		21,88525
0%-15%	4		42,04750
$\bar{S}_g$		1,020	,120

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utilice el tamaño de la muestra de la media aritmética = 4,000.

Análisis de variación de la resistencia mecánica axial				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
NT	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
0%-0%	4	7,58200		
0%-10%	4		36,41900	
0%-12.5%	4			74,98250
0%-15%	4			100,27100
$\bar{S}_g$		1,020	1,000	1,020

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utilice el tamaño de la muestra de la media aritmética = 4,000.

## Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) MT	(J) MT	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Resistencia a compresión diagonal	0%+0%	0%+10%	-,157500	,064119	,119	-,34786	,03286
		0%+12.5%	-,210250 <sup>*</sup>	,064119	,029	-,40061	-,01989
		0%+15%	-,204250 <sup>*</sup>	,064119	,004	-,47461	-,09389
	0%+10%	0%+0%	,157500	,064119	,119	-,03286	,34786
		0%+12.5%	-,052750	,064119	,843	-,24311	,13761
		0%+15%	-,126750	,064119	,249	-,31711	,06361
	0%+12.5%	0%+0%	,210250 <sup>*</sup>	,064119	,029	,01989	,40061
		0%+10%	,052750	,064119	,843	-,13761	,24311
		0%+15%	-,074000	,064119	,665	-,26436	,11636
	0%+15%	0%+0%	,204250 <sup>*</sup>	,064119	,004	,09389	,47461
		0%+10%	,126750	,064119	,249	-,06361	,31711
		0%+12.5%	,074000	,064119	,665	-,11636	,26436
Resistencia a flexión	0%+0%	0%+10%	-,763750 <sup>*</sup>	,062416	,000	-,94906	-,57844
		0%+12.5%	-,922250 <sup>*</sup>	,062416	,000	-1,10756	-,73694
		0%+15%	-1,202250 <sup>*</sup>	,062416	,000	-1,30756	-1,01694
	0%+10%	0%+0%	,763750 <sup>*</sup>	,062416	,000	,57844	,94906
		0%+12.5%	-,158500	,062416	,104	-,34381	,02681
		0%+15%	-,438500 <sup>*</sup>	,062416	,000	-,62381	-,25319
	0%+12.5%	0%+0%	,922250 <sup>*</sup>	,062416	,000	,73694	1,10756
		0%+10%	,158500	,062416	,104	-,02681	,34301
		0%+15%	-,280000 <sup>*</sup>	,062416	,004	-,46531	-,09469
	0%+15%	0%+0%	1,202250 <sup>*</sup>	,062416	,000	1,01694	1,38756
		0%+10%	,438500 <sup>*</sup>	,062416	,000	,25319	,62381
		0%+12.5%	,280000 <sup>*</sup>	,062416	,004	,09469	,46531
Resistencia a la compresión axial	0%+0%	0%+10%	-3,111250 <sup>*</sup>	,254278	,000	-3,06618	-2,35632
		0%+12.5%	-4,101250 <sup>*</sup>	,254278	,000	-4,85618	-3,34632
		0%+15%	-5,703500 <sup>*</sup>	,254278	,000	-6,45843	-4,94857
	0%+10%	0%+0%	3,111250 <sup>*</sup>	,254278	,000	2,35632	3,86618
		0%+12.5%	-,990000 <sup>*</sup>	,254278	,010	-1,74493	-,23507
		0%+15%	-2,592250 <sup>*</sup>	,254278	,000	-3,34718	-1,83732
	0%+12.5%	0%+0%	4,101250 <sup>*</sup>	,254278	,000	3,34632	4,85618
		0%+10%	,990000 <sup>*</sup>	,254278	,010	,23507	1,74493
		0%+15%	-1,602250 <sup>*</sup>	,254278	,000	-2,35718	-,84732
	0%+15%	0%+0%	5,703500 <sup>*</sup>	,254278	,000	4,94857	6,45843
		0%+10%	2,592250 <sup>*</sup>	,254278	,000	1,83732	3,34718
		0%+12.5%	1,602250 <sup>*</sup>	,254278	,000	,84732	2,35718

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

## Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(i) MT	(j) MT	Diferencia de medias (i-j)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Análisis de variación de la resistencia mecánica diagonal	0%+0%	0%+10%	-83,158500	25,643712	,117	-139,29215	12,97515
		0%+12,5%	-84,100000	25,643712	,029	-160,23365	-7,96635
		0%+15%	-113,734500	25,643712	,004	-189,86815	-37,60085
	0%+10%	0%+0%	83,158500	25,643712	,117	-12,97515	139,29215
		0%+12,5%	-20,941500	25,643712	,846	-97,07515	55,19215
		0%+15%	-50,576000	25,643712	,251	-126,70965	25,55765
	0%+12,5%	0%+0%	84,100000	25,643712	,029	7,96635	160,23365
		0%+10%	20,941500	25,643712	,846	-55,19215	97,07515
		0%+15%	-29,634500	25,643712	,664	-105,76815	46,49915
	0%+15%	0%+0%	113,734500	25,643712	,004	37,60005	189,86815
		0%+10%	50,576000	25,643712	,251	-25,55765	126,70965
		0%+12,5%	29,634500	25,643712	,664	-46,49915	105,76815
Análisis de variación de la resistencia mecánica flexión	0%+0%	0%+10%	-53,758250	4,387519	,000	-66,78436	-40,73214
		0%+12,5%	-64,941500	4,387519	,000	-77,96761	-51,91539
		0%+15%	-84,653750	4,387519	,000	-97,67906	-71,62764
	0%+10%	0%+0%	53,758250	4,387519	,000	40,73214	66,78436
		0%+12,5%	-11,183250	4,387519	,102	-24,20936	1,84286
		0%+15%	-30,895500	4,387519	,000	-43,92161	-17,86939
	0%+12,5%	0%+0%	64,941500	4,387519	,000	51,91539	77,96761
		0%+10%	11,183250	4,387519	,102	-1,84286	24,20936
		0%+15%	-19,712250	4,387519	,004	-32,73036	-6,88614
	0%+15%	0%+0%	84,653750	4,387519	,000	71,62764	97,67906
		0%+10%	30,895500	4,387519	,000	17,86939	43,92161
		0%+12,5%	19,712250	4,387519	,004	6,88614	32,73836
Análisis de variación de la resistencia mecánica axial	0%+0%	0%+10%	-50,833000	4,154507	,000	-63,16732	-38,49868
		0%+12,5%	-67,010500	4,154507	,000	-79,34482	-54,67618
		0%+15%	-93,192000	4,154507	,000	-105,52632	-80,85768
	0%+10%	0%+0%	50,833000	4,154507	,000	38,49868	63,16732
		0%+12,5%	-16,177500	4,154507	,010	-28,51102	-3,84318
		0%+15%	-42,359000	4,154507	,000	-54,89332	-30,02468
	0%+12,5%	0%+0%	67,010500	4,154507	,000	54,87618	79,34482
		0%+10%	16,177500	4,154507	,010	3,84318	28,51182
		0%+15%	-26,181500	4,154507	,000	-38,51582	-13,84718
	0%+15%	0%+0%	93,192000	4,154507	,000	80,85768	105,52532
		0%+10%	42,359000	4,154507	,000	30,02468	54,89332
		0%+12,5%	26,181500	4,154507	,000	13,84718	38,51582

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05



**Anexo 7**  
**Panel fotográfico**



*Ilustración 1:* Secado de fibra a la intemperie y ensayo de humedad



*Ilustración 2:* Preparación de la mezcla de barro.



*Ilustración 3:* Secado de los adobes a 28 días.



*Ilustración 4:* Elaboración y secado de muretes de adobe.



*Ilustración 5:* Secado de los muretes de adobe.



*Ilustración 6:* Traslado de los muretes de adobe al laboratorio.



*Ilustración 7:* Ensayos mecánicos de los adobes (a).





*Ilustración 8:* Ensayos mecánicos de los adobes (b).