

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO
CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL”**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. Enrique Morales Rabanal

Asesor

Mg. Ing. Miranda Tejada, Héctor Hugo

Cajamarca – Perú

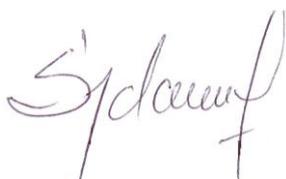
2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA

- Investigador:** ENRIQUE MORALES RABANAL
DNI: 44525978
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- Asesor:** Héctor Hugo Miranda Tejada
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
TESIS: "EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL"
- Fecha de evaluación:** 22/09/2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 19 %
- Código Documento:** Identificador de la entrega trn:oid:::3117:502184683
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 23-09-2025



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos Héctor Hugo Miranda Tejada

DNI: 26617213



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 23/09/2025 13:47:19-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL.*

ASESOR : *Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0644-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 30 de setiembre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **dos días del mes de octubre de 2025**, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

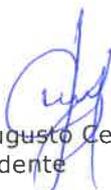
- Presidente : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
- Vocal : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
- Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL*, presentado por la Bachiller en Ingeniería Civil *ENRIQUE MORALES RABANAL*, asesorado por el Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

- EVALUACIÓN PRIVADA : *6* PTS.
- EVALUACIÓN PÚBLICA : *11* PTS.
- EVALUACIÓN FINAL : *17* PTS. *DISCISIB* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *A. PROBADO* con el calificativo de *17 (DISCISIB)* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *10:20* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Presidente


Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Asesor

COPYRIGHT © 2025

ENRIQUE MORALES RABANAL

Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A mi padre,
quien, aunque partió de este mundo, permanece vivo en mi corazón. Su ejemplo, sus valores y su esfuerzo me inspiran a seguir adelante. Este logro también es suyo.

A mi madre,
por su amor incondicional, su fortaleza incansable y su fe constante en mí. Gracias por ser mi guía, mi refugio y mi impulso en cada etapa de este camino.

Y a mis hijos,
mi mayor motivo. Ustedes son la razón por la que me esfuerzo cada día. Que este trabajo sea prueba de que todo es posible con dedicación, amor y perseverancia.

Con todo mi amor, esta tesis es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios todos los días por brindarme la fortaleza física y mental para terminar este crucial proceso académico.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante durante toda mi formación profesional. Sin su confianza y motivación, este logro no habría sido posible.

A mis docentes y asesor de tesis, quienes me impartieron sabiduría, me mostraron el camino y esperaron de mí dedicación tanto académica como personal, les estaré eternamente agradecido. Su aportación ha sido crucial para el crecimiento de este estudio.

Gracias a la Universidad y a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil por brindarme las herramientas, conocimientos y principios que me ayudarán a tener éxito en mi carrera.

A mis compañeros de estudios, por ser parte de este proceso con su apoyo, compañerismo y colaboración durante los momentos más exigentes.

Y finalmente, a todas aquellas personas que, de alguna manera, contribuyeron con su ayuda, palabras de aliento o colaboración desinteresada para hacer realidad este proyecto.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. <i>Planteamiento del problema</i>	1
1.2. <i>Formulación del problema</i>	3
1.3. <i>Hipótesis</i>	3
1.4. <i>Justificación de la investigación</i>	3
1.5. <i>Delimitación de la investigación</i>	4
1.6. <i>Limitaciones</i>	5
1.7. <i>Objetivos de la investigación</i>	5
1.7.1. Objetivo general	5
1.7.2. Objetivos específicos	5
1.8. <i>Variables de investigación</i>	6
1.8.1. Variable independiente	6
1.8.2. Variable dependiente	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. <i>Antecedentes teóricos de la investigación</i>	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.1.3. Antecedentes locales	8
2.2. <i>Bases Teóricas</i>	9
2.2.1. Normatividad de construcción con adobe	9
2.2.2. Adobe	10
2.2.2.1. Ventajas del uso del adobe	10
2.2.2.2. Desventajas del uso del adobe	11
2.2.3. Componentes del adobe con estopa de coco	11
2.2.3.1. Suelo	11
2.2.3.2. Agua	13

2.2.3.3.	Estopa de coco	14
2.2.4.	Formas y dimensiones del adobe	17
2.2.5.	Condiciones del suelo a utilizar	18
2.2.5.1.	Prueba “cinta de barro”	18
2.2.5.2.	Prueba “presencia de arcilla” o “resistencia seca”	19
2.2.6.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	20
2.2.7.	Ensayos de mecánica de suelos y resistencia mecánica	22
2.2.7.1.	Contenido de humedad ASTM D2216	22
2.2.7.2.	Peso específico ASTM D854	22
2.2.7.3.	Límites de consistencia o límites de Atterberg NTP 339.129	22
2.2.7.4.	Análisis granulométrico ASTM D422	23
2.2.7.5.	Resistencia del material tierra a la compresión.....	23
2.2.7.6.	Resistencia del material tierra a la tracción.....	24
2.2.7.7.	Resistencia del adobe a la flexión.....	25
2.2.7.8.	Resistencia del mortero a la tracción	26
2.2.7.9.	Resistencia del murete a la compresión	27
2.3.	<i>Definición de términos básicos</i>	28
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODO		30
3.1.	<i>Localización del proyecto</i>	30
3.1.1.	Ubicación Geográfica de la Cantera	30
3.1.2.	Ubicación Geográfica del Laboratorio	31
3.2.	<i>Tiempo o época de la investigación</i>	32
3.3.	<i>Clima</i>	32
3.4.	<i>Procedimiento</i>	33
3.4.1.	Revisión bibliográfica	34
3.4.2.	Determinación de la muestra	34
3.4.3.	Caracterización del suelo	34
3.4.4.	Preparación de especímenes.....	35
3.4.5.	Secado controlado	35
3.4.6.	Elaboración de muretes y morteros	35
3.4.7.	Ensayos mecánicos	35
3.4.8.	Procesamiento estadístico	36
3.4.9.	Redacción del informe	36
3.5.	<i>Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados</i>	36
3.5.1.	Tipo, nivel, diseño y método de investigación	36
3.5.1.1.	Tipo de investigación	36
3.5.1.2.	Nivel de investigación	37
3.5.1.3.	Diseño de la investigación	37
3.5.1.4.	Método de la investigación	38
3.6.	<i>Población de estudio</i>	38
3.7.	<i>Muestra</i>	38

3.8. Unidad de análisis.....	39
3.9. Unidad de observación	40
3.10. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	40
3.10.1. Técnicas de recolección de datos.....	40
3.10.2. Instrumentos de recolección de datos.....	40
3.11. Presentación de resultados.....	41
3.11.1. Resultados de las propiedades físicas y clasificación de suelo	41
3.11.2. Resultados de ensayos de resistencia a compresión del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.	43
3.11.3. Resultados de ensayos de resistencia a tracción del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.	45
3.11.4. Resultados de ensayos de resistencia a flexión del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.	47
3.11.5. Resultados de ensayos de resistencia a tracción del mortero entre adobes con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.....	49
3.11.6. Resultados de ensayos de resistencia a compresión del murete de adobes con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.....	51
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	53
4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a compresión del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.	53
4.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a tracción del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.....	56
4.3. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a flexión del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.....	59
4.4. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a tracción del mortero entre adobes con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.	61
4.5. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a compresión del murete de adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.	64
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1. Conclusiones	67
5.2. Recomendaciones	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
APENDICES	73
A. Propiedades físicas y clasificación de suelo.....	73
B. Datos de campo para ensayos de resistencia.....	79
a. Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a compresión del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.	79

b.	Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a tracción del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.....	81
c.	Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a flexión del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.	82
a.	Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a la tracción de mortero entre adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.....	83
b.	Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a compresión del murete de adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.....	85
C.	<i>Resumen de datos y resultados obtenidos en los ensayos.....</i>	86
a.	Resultados de Resistencia a la compresión del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.....	86
b.	Resultados de resistencia a la tracción del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.....	87
c.	Resultados de resistencia a flexión del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.....	88
d.	Resultados de resistencia a tracción del mortero entre adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.	89
e.	Resultados de resistencia a compresión del murete de adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.	90
D.	<i>Gráficos esfuerzo vs deformación de murete de adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8% y 1.2 % de estopa de coco.....</i>	91
E.	<i>Panel Fotográfico.....</i>	115
ANEXOS		120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química y resistencia a la tracción de la fibra de coco	15
Tabla 2: Propiedades físicas de las fibras de coco	17
Tabla 3: Clasificación de Suelos (SUCS).....	21
Tabla 4: Número de ensayos de resistencia mecánica	39
Tabla 5: Propiedades Físicas del Suelo.....	41
Tabla 6: Composición Granulométrica del Suelo	42
Tabla 7: Resultados de las Pruebas de Campo	42
Tabla 8: Resultados de esfuerzos en ensayos a compresión de adobe	43
Tabla 9: Resultados de esfuerzos en ensayos a tracción de adobe	45
Tabla 10: Resultados de esfuerzos en ensayos a flexión de adobe.....	47
Tabla 11: Resultados de esfuerzos en ensayos a tracción de mortero entre adobes.....	49
Tabla 12: Resultados de esfuerzos en ensayos a compresión en murete de adobes.....	51
Tabla 13: Prueba de normalidad para las resistencias a la compresión del adobe sin y con estopa de coco.	54
Tabla 14: Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para las resistencias a la compresión del adobe sin y con estopa de coco.	54
Tabla 15: Análisis de varianza para las resistencias a la compresión del adobe sin y con estopa de coco.	55
Tabla 16: Prueba de Tukey para las resistencias a la compresión del adobe sin y con estopa de coco.	55
Tabla 17: Prueba de normalidad para la resistencia del adobe a la tracción sin y con estopa de coco..	56
Tabla 18: Prueba de normalidad para la resistencia del adobe a la tracción sin y con estopa de coco..	57
Tabla 19: Análisis de varianza para la resistencia del adobe a la tracción sin y con estopa de coco..	57
Tabla 20: Prueba de Tukey para las resistencias a la tracción del adobe sin y con estopa de coco.....	58
Tabla 21: Prueba de normalidad para la resistencia a flexión del adobe sin y con estopa de coco.....	59
Tabla 22: Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para la resistencia a flexión del adobe sin y con estopa de coco.	60
Tabla 23: Análisis de varianza para la resistencia a flexión del adobe sin y con estopa de coco.	60
Tabla 24: Prueba de Tukey para la resistencia a flexión del adobe sin y con estopa de coco.	61
Tabla 25: Prueba de normalidad para la resistencia a tracción del mortero entre adobes sin y con estopa de coco.	62

Tabla 26: Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para la resistencia a tracción del mortero entre adobes sin y con estopa de coco.	62
Tabla 27: Análisis de varianza para la resistencia a tracción del mortero entre adobes sin y con estopa de coco.	63
Tabla 28: Prueba de normalidad para las resistencias a compresión del murete sin y con estopa de coco.	64
Tabla 29: Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para las resistencias a compresión del murete sin y con estopa de coco.	65
Tabla 30: Análisis de varianza para las resistencias a compresión del murete sin y con estopa de coco.	65
Tabla 31: Prueba de Tukey para las resistencias a compresión del murete sin y con estopa de coco.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Suelos según su composición	12
Figura 2: Estopa de coco.....	15
Figura 3: Imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) de fibras de coco: a) sección transversal y b) superficie exterior	16
Figura 4: Prueba "cinta de barro"	19
Figura 5: Prueba de “presencia de arcilla” o “resistencia seca”	20
Figura 6: Ensayo de tracción indirecta	24
Figura 7: Ensayo por el método de la carga en los tercios de la luz libre.....	26
Figura 8: Ensayo de resistencia del mortero a la tracción	27
Figura 9: Ensayo de compresión. Muretes de adobe	28
Figura 10: Ubicación geográfica de la cantera adobera Cruz Blanca	30
Figura 11: Ubicación geográfica del Laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca	31
Figura 12: Esquema de los procedimientos realizados	33
Figura 13: Ensayos de Compresión en unidades de adobe	43
Figura 14: Grafica de resultados esfuerzos a compresión vs adobe con y sin % de estopa coco; esfuerzo mínimo según Norma E 0.80	44
Figura 15: Gráfica comparativa de esfuerzos a compresión del adobe patrón vs adobe con % de estopa de coco y la Norma E 0.80.	44
Figura 16: Ensayos de Tracción en unidades de adobe.....	45
Figura 17: Grafica de resultados esfuerzos a tracción vs adobe con y sin % de estopa coco; esfuerzo mínimo según Norma E 0.80.....	46
Figura 18: Gráfica comparativa de esfuerzos a tracción del adobe patrón vs adobe con % de estopa de coco y la Norma E 0.80.	46
Figura 19: Ensayos de flexión en unidades de adobe	47
Figura 20: Grafica de resultados esfuerzos a flexión vs adobe con y sin % de estopa coco.	48
Figura 21: Gráfica comparativa de esfuerzos a flexión del adobe patrón vs adobe con % de estopa de coco.	48
Figura 22: Ensayos de tracción de mortero entre unidades de adobe	49
Figura 23: Grafica de resultados esfuerzos a tracción de mortero vs adobe con y sin % de estopa coco; esfuerzo mínimo según Norma E 0.80.....	50
Figura 24: Gráfica comparativa de esfuerzos a tracción de mortero entre adobe patrón vs mortero entre adobe con % de estopa de coco y la Norma E 0.80.....	50
Figura 25: Ensayos de Compresión en unidades de adobe	51
Figura 26: Grafica de resultados esfuerzos a compresión de murete vs adobe con y sin % de estopa coco; esfuerzo mínimo según Norma E 0.80.....	52
Figura 27: Gráfica comparativa de esfuerzos a compresión de muerte patrón vs muerte con % de estopa de coco y la Norma E 0.80.	52

RESUMEN

La construcción de viviendas rurales presenta limitaciones debido a la baja resistencia mecánica de los adobes tradicionales, lo que compromete su seguridad estructural. Ante ello, se buscó determinar la influencia de la estopa de coco en la resistencia mecánica del adobe para aplicaciones en vivienda rural. Se trabajó con cuatro proporciones de estopa: 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %. El suelo de la cantera Cruz Blanca se determinó como CL, que significa "arcilla inorgánica de baja plasticidad", y se consideró apropiado de acuerdo con la Norma E.080. La unidad fue ensayada a compresión y tracción según Norma E.080, y a flexión fue modificada según NTE INEN 2554; Además, se realizaron ensayos de compresión del muro y ensayos de tracción del mortero. Todo lo necesario para fabricar y analizar las muestras se realizó en un laboratorio controlado. Los hallazgos mostraron que la dosificación de 0.80 % alcanzó los mejores valores en varios ensayos, con incrementos respecto a la muestra patrón (0 % de estopa de coco) de 18.38 % en compresión de la unidad (14.17 kg/cm²), 6.96 % en tracción de la unidad (1.93 kg/cm²) y 11.76 % en compresión de muretes (9.13 kg/cm²). En comparación con la dosis habitual del 59,02 %, la prueba de flexión mostró que un 1,20 % de estopa de coco (5,60 kg/cm²) produjo la mayor resistencia. No se identificaron cambios significativos en la tracción del mortero (0,155 kg/cm²), lo que revela que el impacto de la fibra se sintió mayoritariamente en el adobe.

Palabras clave: Estopa de coco, Adobe, Resistencia mecánica, Vivienda rural, Compresión, Tracción, Flexión.

ABSTRACT

Rural housing construction presents limitations due to the low mechanical resistance of traditional adobe, which compromises its structural safety. In this context, the objective of this research was to determine the influence of coconut coir fiber on the mechanical resistance of adobe for rural housing applications. Four proportions of coir fiber were used: 0 %, 0.40 %, 0.80 %, and 1.20 %. The soil from the Cruz Blanca quarry was classified as CL (inorganic clay of low plasticity), considered suitable according to the Technical Standard E.080. The guidelines of Standard E.080 were followed for compression and tensile tests of the adobe unit, while NTE INEN 2554 was adapted for the flexural test; in addition, mortar tensile and adobe wall compression tests were carried out. All specimens were molded, dried, and tested under controlled laboratory conditions. The results showed that the 0.80 % dosage achieved the best performance in several tests, with increments compared to the control sample (0 % coir fiber) of 18.38 % in unit compression (14.17 kg/cm²), 6.96 % in unit tensile (1.93 kg/cm²), and 11.76 % in wall compression (9.13 kg/cm²). In the flexural test, the highest resistance was obtained with the 1.20 % dosage of coir fiber (5.60 kg/cm²), which represented an increase of 59.02 % compared to the control. In mortar tensile (0.155 kg/cm²), no relevant variations were observed, confirming that the fiber's effect was concentrated mainly in the adobe units.

Keywords: Coconut fiber, Adobe, Mechanical strength, Rural housing, Compression, Tension, Flexion.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El adobe, por su fácil acceso, bajo costo y extensa tradición de uso, se ha consolidado como uno de los insumos constructivos más habituales en las zonas rurales del Perú. Sin embargo, presenta limitaciones significativas en términos de resistencia mecánica, especialmente en regiones con alta sismicidad y condiciones climáticas adversas. Estas deficiencias han provocado que las construcciones de adobe sean altamente vulnerables, ocasionando daños estructurales y pérdidas humanas en eventos sísmicos como los ocurridos en el terremoto de 2007 en Ica, donde gran parte de las viviendas construidas con adobe colapsaron.

A nivel mundial, la exploración de insumos constructivos sostenibles, así como de bajo costo ha impulsado el estudio del adobe reforzado con fibras naturales, como alternativa frente a los desafíos de durabilidad y desempeño mecánico. En Ruanda, el uso de fibras de pastos naturales permitió incrementar la resistencia a la compresión, ofreciendo soluciones económicas y sostenibles para viviendas rurales (Ukwizagira & Mbereyaho, 2023). De manera similar, en India se han desarrollado adobes con fibras de coco, sisal y bambú, los cuales mejoraron su resistencia estructural, reduciendo la dependencia de materiales más costosos (Domke & Mude, 2021). En Europa, el empleo de fibras vegetales locales ha contribuido a la preservación del patrimonio arquitectónico y al fortalecimiento del comportamiento mecánico de muros de tierra (Rocco, Vicente, Rodrigues, & Ferreira, 2024). Estos avances reflejan la tendencia internacional de revalorizar materiales tradicionales mediante la innovación con refuerzos naturales.

En el ámbito nacional, el adobe sigue siendo uno de los insumos más usados en viviendas rurales, pese a sus limitaciones mecánicas y alta vulnerabilidad sísmica. Según el INEI, una parte importante de viviendas rurales peruanas están elaborados con adobe y varias de ellas carecen de procedimientos adecuados, lo que plantea problemas estructurales (Mendoza Mamani, 2020). Frente a ello, diversas investigaciones han investigado el uso de fibras vegetales como refuerzo. En Ica, la adición de henequén mejoró la ductilidad y resistencia lateral de los muros (Torres Agüero, 2021), mientras que en Junín el maguey incrementó la resistencia a la compresión (Rodríguez Elias, 2020). Estos estudios evidencian que el uso de fibras locales constituye una opción técnica y económica para mitigar la vulnerabilidad de las construcciones rurales.

En el contexto regional, Cajamarca presenta una marcada dependencia del adobe como insumo de construcción, lo cual expone a las comunidades a riesgos frente a la sismicidad y condiciones climáticas adversas. Investigaciones recientes han demostrado que fibras vegetales como el rye grass y la paja ichu pueden mejorar la resistencia del adobe (Revilla Vargas, 2024). Sin embargo, el potencial de la estopa de coco aún no ha sido explorado a profundidad, pese a que estudios preliminares en Jaén reportaron aumentos en la resistencia en la compresión con proporciones de 0.5 % a 1.5 % de fibra (Torres García & Astochado Perez, 2024). Este vacío de conocimiento es relevante, considerando que la estopa de coco es un residuo agrícola abundante en los mercados locales, cuyo aprovechamiento puede aportar beneficios tanto técnicos como ambientales.

En este contexto, la prioridad consiste en optimizar las características mecánicas del adobe de Cajamarca mediante estopa de coco, con el fin de reducir la fragilidad estructural de las viviendas rurales y fortalecer su resistencia a compresión, tracción, así

como flexión. El estudio busca responder a dicha necesidad, aportando evidencia experimental sobre la viabilidad de este refuerzo natural como alternativa técnica, económica y sostenible.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la incorporación de estopa de coco en la resistencia mecánica del adobe?

1.3. Hipótesis

La incorporación de estopa de coco influye positivamente en la resistencia mecánica del adobe, generando un incremento superior al 5 % respecto a la muestra patrón.

1.4. Justificación de la investigación

El estudio se justifica puesto que el adobe es de fácil acceso y económico, sigue siendo un material popular para las casas rurales en el Perú; sin embargo, sus limitaciones en cuanto a resistencia mecánica lo hacen altamente vulnerable frente a la acción sísmica y a condiciones climáticas adversas, lo que incrementa el riesgo estructural y social de las comunidades que lo emplean. Teniendo esto en cuenta, el uso de fibras vegetales como la estopa de coco es un sustituto ecológico y económico que no ha recibido mucha atención en el país, aunque los primeros estudios revelan mejoras sustanciales en la resistencia a la tracción, la flexión, así como la compresión. La estopa de coco, por su composición lignocelulósica, aporta propiedades mecánicas que pueden mejorar el desempeño estructural del adobe, a la vez que contribuye a la valorización de un residuo agrícola abundante en los mercados locales. Evaluar en qué medida incide la estopa de coco en la resistencia mecánica del adobe permitirá generar conocimiento científico y técnico aplicable, ofreciendo una solución viable para el diseño de viviendas rurales más seguras

y sostenibles. Además de reforzar mi formación profesional, este trabajo satisface una necesidad institucional de tecnologías de reducción de desastres en áreas rurales y vincula la ingeniería civil con la sostenibilidad y avance en el bienestar social de la comunidad a través de evidencia experimental.

1.5. Delimitación de la investigación

Investigadores de la región de Cajamarca recolectaron muestras de suelo de la cantera de adobera Cruz Blanca, muestras de agua de la propia Cajamarca y cáscaras de coco compradas en tiendas locales entre octubre de 2024 y junio de 2025. Las pruebas experimentales fueron realizadas por el laboratorio de ensayos de materiales en la Universidad Nacional de Cajamarca, denominado "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz". El estudio se centró únicamente en evaluar las propiedades mecánicas del adobe, específicamente su resistencia a compresión, tensión y flexión, así como su adherencia en mortero y muros. Los materiales de referencia incluyeron la Norma E.080 del Reglamento Nacional de Edificación y la NTE INEN 2554 para el ensayo de flexión. Se consideraron únicamente cuatro dosificaciones de estopa de coco (0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % respecto al peso seco en el suelo), con fibras previamente cortadas a un tamaño menor o igual a 5 cm, de manera que su incorporación en la mezcla fuese uniforme. En ese sentido, los hallazgos no abarcan porcentajes diferentes ni tamaños de fibra superiores al establecido. El ámbito geográfico se restringe a condiciones locales de Cajamarca, por lo que las conclusiones son válidas principalmente para suelos de características similares a los de la cantera empleada. Asimismo, no se incluyeron ensayos de absorción de agua ni estudios de comportamiento a largo plazo, centrándose exclusivamente en la resistencia mecánica del material.

1.6. Limitaciones

La investigación se circunscribió al uso de suelo proveniente exclusivamente de la cantera adobera Cruz Blanca en Cajamarca, lo que restringe la aplicabilidad de los hallazgos a suelos con características similares. Las investigaciones se limitaron a determinar la resistencia mecánica del adobe. Para ello, sometió la unidad a ensayos de compresión, tracción, así como flexión y ensayos de tracción, así como compresión de las paredes y del mortero, respectivamente, sin incluir otras propiedades físicas como absorción de agua, permeabilidad, conductividad térmica o comportamiento a largo plazo bajo condiciones ambientales reales. Asimismo, se trabajó con cuatro proporciones fijas de estopa de coco (0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % con relación al peso seco en el suelo), por lo que los hallazgos no son extrapolables a otros porcentajes de incorporación. Otra limitación corresponde al proceso de elaboración de los adobes, que se realizó en condiciones controladas y bajo un método estandarizado de moldeado y secado, lo que no refleja necesariamente las variaciones existentes en la producción artesanal en comunidades rurales.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo general

- ✓ Determinar en qué medida influye la incorporación de estopa de coco en la resistencia mecánica del adobe.

1.7.2. Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar el suelo utilizado en la elaboración de los adobes.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión del adobe al utilizar estopa de coco en porcentajes de 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %.

- ✓ Determinar la resistencia a tracción del adobe al utilizar estopa de coco en porcentajes de 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %.
- ✓ Determinar la resistencia a flexión del adobe al utilizar estopa de coco en porcentajes de 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %.
- ✓ Determinar la resistencia a tracción del mortero entre adobes al utilizar estopa de coco en porcentajes de 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión de muretes de adobe al utilizar estopa de coco en porcentajes de 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %.
- ✓ Comparar la influencia de la estopa de coco en porcentajes de 0.40 %, 0.80% y 1.20 % con el 0 % (muestra patrón), en la resistencia mecánica del adobe.

1.8. Variables de investigación

1.8.1. Variable independiente

- Porcentaje de estopa de coco en la mezcla de adobe.

1.8.2. Variable dependiente

- Resistencia Mecánica del adobe.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Bailly et al. (2024) en el estudio “Progresos en la edificación con materiales de tierra: un análisis integral sobre técnicas de estabilización y uso de fibras naturales en adobe y bloques de tierra comprimida”, realizada en Suiza, buscaron examinar de manera integral las diferentes estrategias de estabilización aplicadas a materiales de tierra, con énfasis en el uso de fibras vegetales como sisal, coco y paja. Este estudio analizó experimentos recientes que mejoraron la resistencia a la compresión y redujeron las fracturas inducidas por la contracción con dosis inferiores al 2% del peso del suelo, y obtuvieron resultados sobresalientes. Entre los hallazgos más destacados se incluyen una mejora sustancial del 30% en la resistencia a la fractura y un aumento del 20% en resistencia a la compresión, en comparativa con la muestra de control que no contenía fibras vegetales. Los autores destacaron que, si bien los hallazgos son prometedores, persiste la necesidad de estandarizar las metodologías de ensayo para asegurar la reproducibilidad a nivel global. En conclusión, el uso de fibras vegetales, especialmente la fibra de coco, como alternativa a materiales de construcción como el adobe, así como los bloques de tierra comprimida podría reducir los efectos ambientales negativos, manteniendo al mismo tiempo un buen rendimiento y una buena relación costo-beneficio.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ticona Apaza (2020) en el estudio “Análisis comparativo entre el adobe convencional y el adobe mejorado mediante el uso de fibras de coco”, realizado en Puno, buscaron analizar las variaciones en la resistencia mecánica del adobe mediante la adición de fibra de coco en proporciones de 0 %, 1 % y 2 % en relación al peso seco del suelo. La investigación demostró que mientras que el adobe sin fibras tenía una resistencia hacia la compresión de 10,2 kg/cm², agregar un 1,0% de fibra de coco aumentó esa resistencia a 12,5 kg/cm², una mejora sustancial. Los hallazgos mostraron que el refuerzo funcionó mejor con una dosis del 1,0% en fibra de coco, que también tuvo la mayor resistencia promedio. La fibra de coco, según los hallazgos del estudio, es un material apropiado en Perú para mejorar la durabilidad de los adobes hechos a mano y fomentar el reciclaje de un subproducto agrícola barato y abundante. Como señaló, se deben realizar más investigaciones sobre su comportamiento a escalas estructurales y en una variedad de entornos ambientales.

2.1.3. Antecedentes locales

Torres García y Astochado Pérez (2024) en el estudio “Efecto de la incorporación de fibra de coco sobre la resistencia del adobe en Jaén, Cajamarca”, buscaron analizar la variación de resistencia mecánica del adobe al añadir estopa de coco en distintas proporciones: 0 %, 0.5 %, 1 % y 1.5 %. Usando protocolos establecidos para la preparación de muestras y pruebas de laboratorio, este estudio nació de una mentalidad experimental. Los hallazgos mostraron que la resistencia a la compresión aumentó de 12,1 kg/cm² en la muestra de control a 15,4 kg/cm² en la dosis más efectiva del 1,0%. Es crucial determinar el rango ideal de administración de fibra, ya que dosis mayores no

produjeron mejoras proporcionales. Los investigadores concluyeron que la estopa de coco constituye una opción efectiva para optimizar el rendimiento del adobe en Cajamarca, sino que también resulta pertinente por ser un subproducto local abundante. Además, destacaron que su incorporación podría integrarse en políticas de edificación sostenible, contribuyendo a minimizar la vulnerabilidad de viviendas rurales y favoreciendo el aprovechamiento de residuos provenientes de la agroindustria.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Normatividad de construcción con adobe

En el Perú, la construcción con adobe está regulada principalmente por la Norma E.080, que establece requisitos para la selección de suelos, fabricación de unidades, ensayos de compresión y tracción, así como criterios mínimos de diseño sismorresistente. De manera complementaria, el INDECOPI cuenta con normas (NTP 331.201, NTP 331.202 así como NTP 331.203) que regulan la producción y control de calidad de adobes estabilizados. A nivel internacional, países como Colombia (NTC 5324:2005), España (UNE 41410:2008) y Nueva Zelanda (NZS 4297, 4298, 4299) han desarrollado marcos normativos que incluyen especificaciones de materiales, propiedades mecánicas mínimas y métodos de control de calidad. Estas experiencias coinciden en la necesidad de garantizar que el adobe alcance resistencias adecuadas frente a compresión, tracción y flexión para reducir su vulnerabilidad estructural. En este contexto, el estudio se enmarca en la búsqueda de opciones como la incorporación de estopa de coco, que permitan cumplir y superar los valores mínimos exigidos por la normativa.

2.2.2. Adobe

El adobe es un tipo de tierra cruda que a menudo se compone de suelo arcilloso y puede enriquecerse con la adición de arena gruesa o fibras vegetales como paja para aumentar su durabilidad. La mezcla se moldea en bloques y, según la Norma E.080, debe secarse lentamente en tendales protegidos del sol, así como del viento, espolvoreados con arena fina para permitir el encogimiento uniforme (MVCS, 2017). Su composición y comportamiento dependen de la proporción entre arcilla, arena y agua, así como del control durante el moldeado y el secado (Cid, Mazarrón & Cañas, 2011). Si bien ofrece ventajas como bajo costo, disponibilidad local y aislamiento térmico, el adobe presenta debilidades ante esfuerzos de compresión, así como flexión elevados, además de su vulnerabilidad sísmica (Sanou et al., 2024). En respuesta, investigaciones recientes han explorado la incorporación de fibras vegetales, entre ellas la estopa de coco, evidenciando incrementos en la resistencia mecánica y una mejor respuesta estructural en aplicaciones de vivienda rural (Da Silva, 2024; Bailly et al., 2024).

2.2.2.1. Ventajas del uso del adobe

Entre las principales ventajas del adobe se encuentra su accesibilidad y bajo costo, ya que sus materiales se pueden encontrar en casi cualquier entorno natural. Además, destaca por su capacidad de aislamiento tanto térmico como acústico, permitiendo construir viviendas que mantengan una temperatura confortable. Además, el adobe no causa mucho daño al medio ambiente ya que es reutilizable y biodegradable (Portillo, 2024).

2.2.2.2. Desventajas del uso del adobe

A pesar de sus múltiples beneficios, el adobe presenta varias desventajas. Es especialmente vulnerable a la humedad, lo cual puede comprometer su integridad estructural en áreas con alta precipitación. También es susceptible a movimientos sísmicos, lo que lo hace inadecuado en zonas propensas a terremotos sin el uso de refuerzos adicionales. Su producción artesanal puede requerir largos tiempos de secado, y las estructuras de adobe demandan mantenimiento constante para protegerlas de la erosión hídrica y otras condiciones ambientales (Portillo, 2024).

2.2.3. Componentes del adobe con estopa de coco

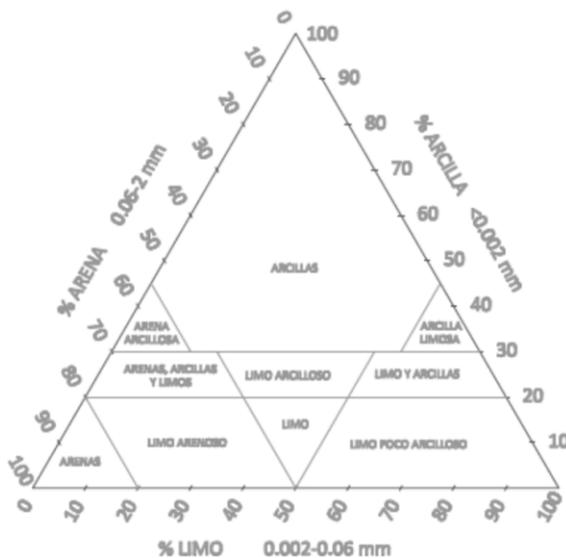
El adobe es un material que es usado en la construcción y está conformado mayoritariamente por tierra, que incluye arena, limo y arcilla, agua y fibras orgánicas, entre las que se encuentra la fibra de coco. Si bien se agrega arena a la mezcla para disminuir la cantidad de contracción que se produce cuando se seca, la arcilla sirve como ingrediente principal y también funciona como aglutinante. Agua es necesaria para crear la mezcla, facilitando el moldeado y compactación (Arqui Base, 2024).

2.2.3.1. Suelo

Es el componente principal en la elaboración de adobe y su calidad afecta directamente las propiedades del material. Idealmente, el suelo utilizado debe contener una mezcla balanceada de arcilla, arena, y limo para proporcionar cohesión, estabilidad y resistencia. En la composición típica, la arcilla funciona como aglutinante, mientras que la arena reduce la contracción y la formación de grietas durante el secado. Los suelos con un exceso de arcilla pueden hacer que el adobe sea más susceptible a fracturas, mientras que aquellos con demasiada arena

carecen de la cohesión necesaria para una estructura fuerte y duradera (Gama Castro, y otros, 2015)

Figura 1: *Suelos según su composición*



Nota: Triángulo de Whitney

Arcilla: Es uno de los componentes principales en la mezcla de adobe, funcionando como aglutinante natural que permite la cohesión y estabilidad estructural del material. Su alta plasticidad facilita el moldeado y, al secarse, contribuye a la rigidez y durabilidad del adobe. Para la construcción, se recomienda que la arcilla esté presente en aproximadamente un 10-20% de la mezcla, combinada con arena para reducir la contracción y evitar grietas (Arqui Base, 2024).

Limo: Es un componente esencial en la mezcla de adobe, ya que su proporción moderada contribuye a la cohesión y estabilidad del material sin causar la contracción excesiva que caracteriza a la arcilla. Las proporciones recomendadas de limo en la mezcla de adobe suelen estar en un rango de 15-25%,

complementando la arcilla y la arena para obtener una estructura resistente que evite la formación de grietas en el secado y mejore la durabilidad de la construcción en diferentes climas. Además, el limo contribuye a la impermeabilidad del adobe, protegiendo a las edificaciones de los efectos negativos de la humedad (Chino de la Cruz, 2018).

Arena: Es un componente crucial en la composición del adobe, ya que ayuda a minimizar la contracción y previene el desarrollo de grietas durante el secado. En la mezcla de adobe, la arena actúa como un material inerte que, al combinarse con arcilla y agua, proporciona una estructura más estable y duradera. Este balance entre arcilla y arena es esencial, ya que una cantidad excesiva de arcilla puede aumentar la contracción y causar fracturas, mientras que una proporción adecuada de arena (generalmente entre un 55-70%) reduce esta contracción y mejora la cohesión del material al secarse (Construmática, 2008).

2.2.3.2. Agua

Es un elemento importante en la fabricación de adobe, ya que facilita la cohesión entre arcilla, arena y limo, permitiendo una mezcla uniforme y moldeable. La proporción de agua es crucial; un exceso puede causar contracciones y grietas al secarse, mientras que una cantidad insuficiente disminuye la resistencia del adobe. Investigaciones realizadas por universidades a nivel mundial, como la Universidad Estatal de Nuevo México, han demostrado que la clave para mejorar la resiliencia estructural y las cualidades mecánicas del adobe es mantener bajo control su contenido de agua (Dominguez, 2015).

En Perú, la Norma E.080 especifica requisitos precisos en la construcción de adobe en lugares sísmicamente activos, incluido el uso de agua pura y libre de contaminantes para evitar la degradación que podría reducir la durabilidad de la estructura, una precaución crucial en áreas propensas a terremotos. Asimismo, investigaciones en el país resaltan la necesidad de proteger el adobe de la humedad ambiental y de la exposición a la lluvia para prevenir la erosión y mantener la integridad de las edificaciones en el tiempo.

2.2.3.3. Estopa de coco

Es una fibra natural obtenida del mesocarpio del fruto del cocotero (*Cocos nucifera*). Originaria de la palabra portuguesa para la fibra rugosa derivada del coco, la palabra inglesa "coir" es una adaptación del nombre original. Las industrias de la construcción, textil y de cuerdas son solo algunas de las que hacen un uso intensivo de este material debido a su longevidad, resiliencia y resistencia a la tracción, así como la flexión. La estopa de coco es biodegradable, ecológica y presenta una estructura densa y rígida, lo cual contribuye a la estabilidad de materiales de construcción por ejemplo el adobe (Ahmad, y otros, 2022).

Figura 2: *Estopa de coco*



Composición de la estopa de coco: Incluye principalmente celulosa (32-43%) y lignina (40-45%), que le otorgan gran resistencia y rigidez, haciéndola idónea para usos estructurales. Además, contiene pequeñas cantidades de hemicelulosa, pectina y cenizas. La alta proporción de lignina, en comparación con otras fibras vegetales, le proporciona durabilidad y resistencia al agua, características valiosas para su uso en materiales de construcción como el adobe, donde mejora la cohesión y la durabilidad en ambientes húmedos (Ahmad, y otros, 2022).

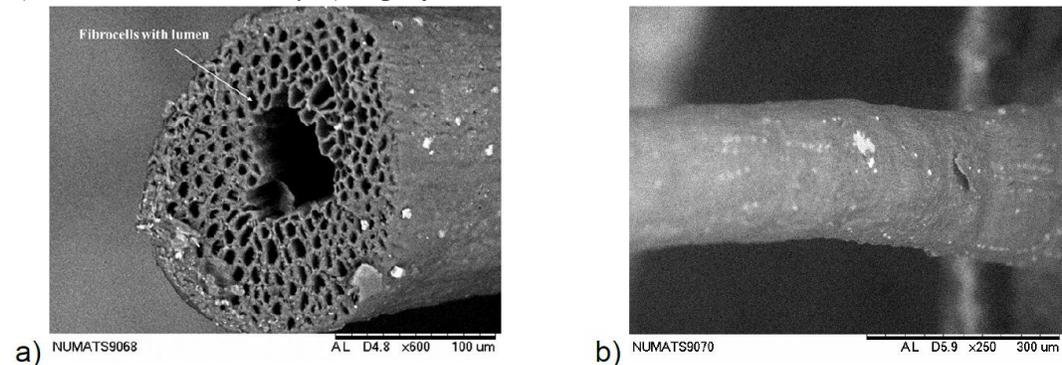
Tabla 1: *Composición química y resistencia a la tracción de la fibra de coco*

Item	Fibra de Coco
Celulosa (%)	32 - 43
Hemicelulosa (%)	0.15 - 0.25
Lignina (%)	40 - 45
Resistencia a la tracción (MPa)	175

Nota: Fernández (2015)

Estructura de la estopa de coco: Es densa y rígida, lo que se debe en gran parte a su alto contenido de lignina, que contribuye a la rigidez y durabilidad de la fibra. Esta estructura presenta fibras largas y huecas, dispuestas en capas concéntricas que proporcionan resistencia a la tracción, así como flexión. Las distintas cualidades estructurales de la acacia de coco la convierten en un refuerzo natural ideal para su uso en una variedad de materiales de construcción, incluido el adobe, donde mejora la cohesividad y resistencia del material. Puede agregar la estopa a la mezcla de adobe sin preocuparse de que se desintegre rápidamente en ambientes húmedos. (Ahmad, y otros, 2022)

Figura 3: *Imágenes de microscopía electrónica de barrido (SEM) de fibras de coco: a) sección transversal y b) superficie exterior*



Fuente: Da Silva (2024)

Caracterización física de la estopa de coco: Incluye propiedades notables de resistencia y flexibilidad. Esta fibra es rígida y duradera, con una gran resistencia a la tracción, lo que la hace comparable a fibras sintéticas en términos de rendimiento. Además, su estructura celular le permite retener agua de forma moderada, aunque absorbe menos que otras fibras naturales, como el yute. Este nivel de absorción contribuye a la cohesión de materiales de construcción como el

adobe, sin provocar excesiva degradación en ambientes húmedos. La densidad de la fibra de coco suele oscilar entre 1.15-1.45 g/cm³, lo que le confiere estabilidad y la hace ideal como refuerzo, especialmente en contextos donde se busca una alternativa sostenible y biodegradable (Ahmad, y otros, 2022)

Tabla 2: *Propiedades físicas de las fibras de coco*

Nombre de la Propiedad	Naveen y otros	Amadi y col.	Bai y otros	Ramakrishna y otros	Ahmad y otros	Ramil y otros
Longitud (mm)	-	25	18	60 a 250	8 a 10	20 a 30
Diámetro (mm)	-	0,25	0,1 a 0,5	0,40 a 0,10	0,5 a 1,0	0,32
Relación de aspecto	-	100	-	-	-	-
Resistencia a la tracción (MPa)	175	405	-	15 a 327	-	176
Modulo (GPa)	4 a 6	4	-	-	4,5	22,4
Densidad (g/cm ³)	-	-	0,67 a 10	-	-	-
Absorción de agua (%)	130 a 180	-	-	-	-	-
Alargamiento (%)	30	-	-	75	25	-

Nota: Ahmad (2022)

2.2.4. Formas y dimensiones del adobe

El Reglamento Nacional de Edificación del Perú regula la geometría del adobe, tal como se describe en la Norma E.080. Las dimensiones y proporciones de los bloques de adobe en la construcción están especificadas en esta norma. Los bloques de adobe; cuando son rectangulares, el largo debe ser el doble del ancho aproximadamente, y lo ideal es que la relación entre alto y ancho sea de al menos 8 cm. Estas proporciones ayudan a asegurar la estabilidad estructural del adobe, además de facilitar su aplicación en construcciones antisísmicas, una consideración importante en áreas de alta sismicidad como el Perú.

En el estudio se usaron adobes con medidas de acuerdo con el ensayo realizado, conforme a los lineamientos de la Norma E 0.80:

Ensayo a compresión del adobe: 10 cm x 10 cm x 10 cm (largo x ancho x alto)

Ensayo a tracción del adobe: 15 cm x 30 cm (diámetro x alto)

Ensayo a flexión del adobe: 40 cm x 20 cm x 10 cm (largo x ancho x alto)

Ensayo a tracción de mortero: 30 x 15 cm x 10 cm (largo x ancho x alto)

Ensayo a compresión de murete: 30 x 15 cm x 10 cm (largo x ancho x alto)

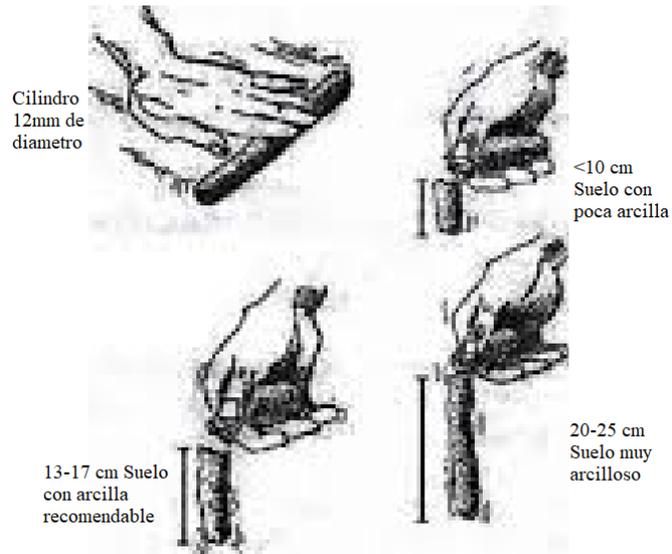
2.2.5. Condiciones del suelo a utilizar

Según la Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.

2.2.5.1. Prueba “cinta de barro”

Esta prueba se usa a menudo para evaluar la calidad del suelo en construcciones de adobe o tierra armada, particularmente para garantizar que haya una cantidad adecuada de arcilla en la combinación. El procedimiento requiere darle forma a una muestra de suelo húmedo de un cilindro con un diámetro de 12 mm. Presionando el cilindro de los dedos se desarrolla una cinta de 4 mm de espesor; la cantidad de arcilla está indicada por el largo que alcanza la cinta sin romperse; una cantidad elevada de arcilla, suficiente para la cohesión del adobe, se indica con una longitud entre 20 y 25 cm sin romperse. Si se rompe en tramos más cortos, se considera que el suelo tiene poca arcilla y puede no ser adecuado para construcciones resistentes.

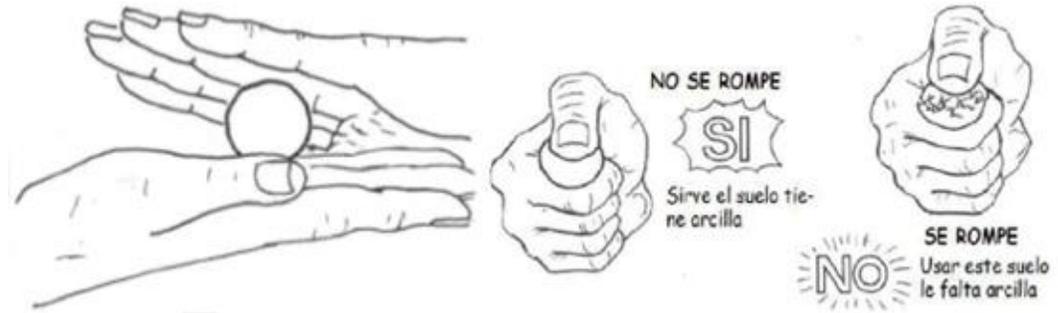
Figura 4: Prueba "cinta de barro"



2.2.5.2. Prueba “presencia de arcilla” o “resistencia seca”

Su propósito es evaluar la cantidad de arcilla de la tierra destinada a la construcción de adobe, asegurando así que el material tenga suficiente cohesión y resistencia al secado. Este ensayo se realiza al formar bolitas de tierra que se dejan secar al aire. Una vez secas, se aplica presión sobre ellas para observar su resistencia; si las bolitas mantienen su forma sin desmoronarse fácilmente, el suelo se considera adecuado, indicando una proporción óptima de arcilla que contribuye a la cohesión y durabilidad del adobe. Si las esferas se desintegran con facilidad, podría indicar un bajo contenido de arcilla, por lo que se sugiere modificar la mezcla para mejorar sus propiedades mecánicas.

Figura 5: Prueba de “presencia de arcilla” o “resistencia seca”



Nota: Norma E 0.80

2.2.6. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Este método, formulado conforme con la norma ASTM D2487-17, se utiliza ampliamente para la clasificación de suelos en ingeniería geotécnica. Las características físicas del suelo, como la distribución granulométrica, el límite de fluidez e índice de plasticidad, son los principales factores que influyen en su textura y finura según este procedimiento.

Suelos Gruesos: Las gravas y arenas que entran en esta categoría se definen por el hecho de que el tamiz No. 200 retiene más de la mitad de sus partículas (0,075 mm).

Suelos Finos: En este grupo entran los limos y arcillas que pasan el tamiz No. 200 con más de la mitad de sus partículas. Los límites de Atterberg, que incluyen el límite líquido e índice en plasticidad, son los criterios principales para clasificar suelos finos según su plasticidad.

Tabla 3: Clasificación de Suelos (SUCS)

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			GP Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% -> GW, GP, SW, SP. >12% -> GM, GC, SM, SC. 5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.	Límites de Atterberg debajo Encima de línea de la línea A o A con IP entre 4 y 7 son casos que requieren doble símbolo.
			GC Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3
			SP Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo Los límites situados en la de la línea A o zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos que requieren de símbolo doble.
			SC Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.
	SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.		
			CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.					
Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
		CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
		OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
Suelos muy orgánicos	PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				

Nota: ASTM 2487-17

2.2.7. Ensayos de mecánica de suelos y resistencia mecánica

2.2.7.1. Contenido de humedad ASTM D2216

Se trata de un procedimiento esencial. La relación agua-peso seco de un suelo indica la proporción entre la cantidad de agua contenida y su peso seco. Para calcularla, una muestra se coloca en un horno y se deshidrata a una temperatura regulada de aproximadamente 110 ± 5 °C hasta lograr un peso estable, lo que permite determinar su nivel de humedad. Una vez obtenido el porcentaje de agua, este valor se emplea junto con el peso seco para establecer el contenido en humedad del suelo mediante este método.

2.2.7.2. Peso específico ASTM D854

Es la masa de sólidos dividida por la cantidad de agua a 20 grados Celsius y es una medida importante en la mecánica de suelos. Al diseñar estructuras de ingeniería que entrarán en contacto con la tierra, esta característica es crucial ya que permite el cálculo de la densidad relativa y otros aspectos relevantes. El peso específico de los sólidos se determina mediante el uso de un picnómetro o un frasco de volumen conocido, donde se mide el desplazamiento de agua causado por una muestra de suelo seco.

2.2.7.3. Límites de consistencia o límites de Atterberg NTP 339.129

Caracterizan el comportamiento de suelos finos en función del contenido de humedad y son factores esenciales en la mecánica del suelo. Definimos estas restricciones como:

Límite Líquido (LL): El suelo cambia de forma plástica a líquida a un cierto nivel de humedad, que es un porcentaje. La prueba de la copa de Casagrande mide

esto dibujando un surco en una muestra de suelo y luego sometiéndolo a golpes controlados hasta que el surco se cierra a cierta distancia. Este ensayo revela el momento exacto en el que la suciedad empieza a actuar como un líquido espeso.

Límite Plástico (LP): El punto en el cual el suelo pasa de ser semisólido a plástico es directamente proporcional al nivel de humedad, expresado como porcentaje. El límite plástico se logra cuando los hilos de unos 3 mm de diámetro producidos al hacer rodar manualmente una muestra de suelo comienzan a separarse.

Índice de Plasticidad (IP): Para calcularlo se toma el Límite Líquido y se le resta el Límite Plástico; el resultado es el valor de IP. Este indicador le permite saber qué tan cohesivo y comprimible es el suelo mostrándole el rango de contenido de humedad en la cual actúa plásticamente.

2.2.7.4. Análisis granulométrico ASTM D422

Este método es esencial en la mecánica de suelos para determinar cómo se distribuyen en términos de tamaño las partículas de la muestra de suelo. Se utilizan principalmente dos enfoques para realizar este estudio: separación de partículas pequeñas (como limo y arcilla) mediante sedimentación y partículas gruesas (como arena y grava) mediante tamizado.

2.2.7.5. Resistencia del material tierra a la compresión

Es un paso esencial para garantizar que los edificios hechos de tierra apisonada y adobe sean seguros. Para determinar esta resistencia se utilizan ensayos de compresión sobre cubos de tierra de 0,1 m de arista según la Norma E.080. Este ensayo, los cubos se someten a carga hasta alcanzar su punto de falla, lo cual permite evaluar la capacidad del material en el soporte de cargas de compresión.

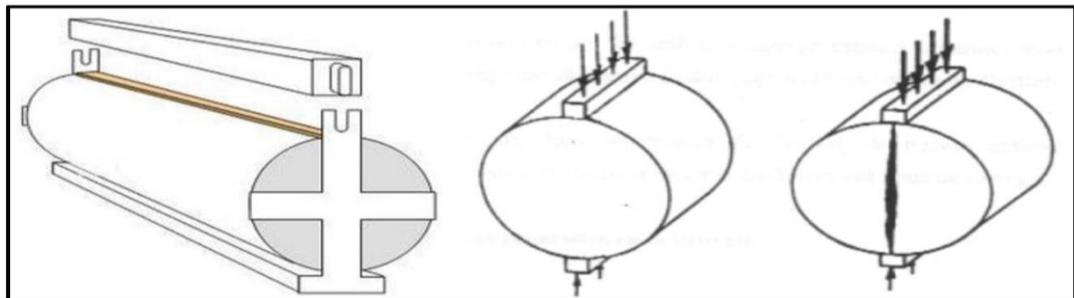
Para cumplir con los estándares de calidad, se deben ensayar seis muestras de adobe o tapial, de las cuales se seleccionan las cuatro mejores. La resistencia máxima indicada (1,0 MPa o 10,2 kgf/cm²) debe alcanzarse o superarse mediante la resistencia promedio de estas cuatro muestras.

2.2.7.6. Resistencia del material tierra a la tracción

Es fundamental para evaluar su capacidad de soportar esfuerzos de tensión sin desarrollar fisuras o fallas estructurales. Según la Norma E.080, estas dimensiones (6" de diámetro y 12" de largo (15,24 cm x 30,48 cm)) deben usarse en la prueba de tracción brasileña para determinar la resistencia.

La especificación específica una resistencia máxima de 0,08 MPa (0,81 kgf/cm³). El contenido de humedad inicial de las muestras debe ser de 20% a 25% en el control de adobe y del 10% al 15% para el control de tierra apisonada. De esto se puede esperar una evaluación fiable. Después de la preparación, las muestras deben secarse durante 28 días en un ambiente controlado, apartado de la luz solar directa y del viento. La resistencia máxima indicada debe ser igualada o superada por la resistencia promedio derivada de las cuatro muestras principales de un total de seis.

Figura 6: *Ensayo de tracción indirecta*



Nota: Altamirano Carrasco (2019)

2.2.7.7. Resistencia del adobe a la flexión

Es una propiedad que determina la capacidad del material para soportar cargas transversales sin fracturarse. Según la NTE INEN 2554, este parámetro se evalúa mediante un ensayo en el que una viga de adobe, que se apoya en sus extremos, su tramo libre se carga centralmente o en el tercio medio. El procedimiento consiste en someter la viga a una tensión cada vez mayor hasta que cede. Para determinar la resistencia a la flexión se usa la fórmula:

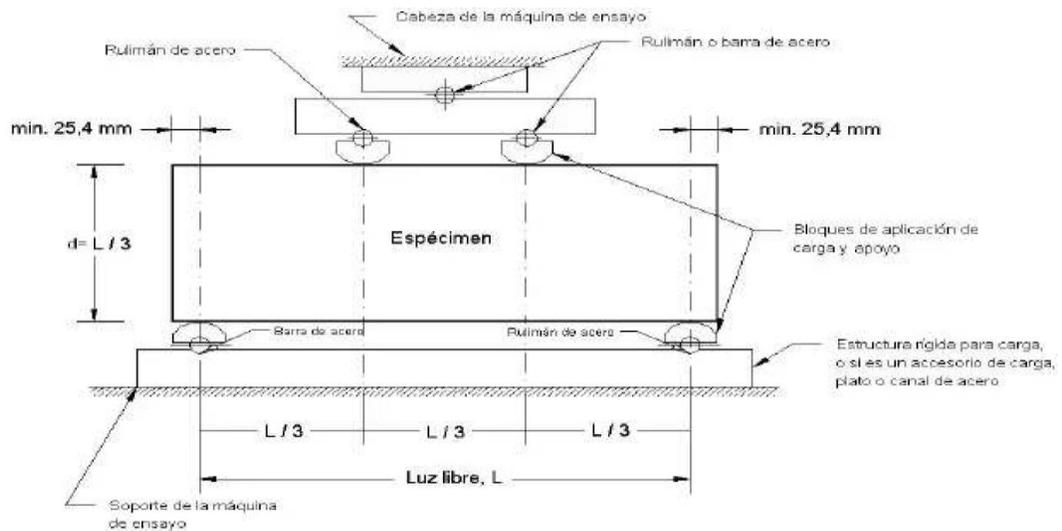
$$R_f = \frac{PL}{bd^2}$$

donde:

R_f es la resistencia a la flexión, P es la carga máxima aplicada, L es la distancia de los apoyos, b es el ancho de la viga, d es la altura de la viga.

Este ensayo permite determinar el módulo de rotura del adobe, proporcionando información sobre su comportamiento estructural bajo cargas flexionantes. Es fundamental que las muestras de adobe utilizadas en el ensayo sean representativas del material empleado en la construcción, garantizar que los métodos especificados en la norma se cumplan religiosamente para garantizar la precisión, así como confiabilidad de los hallazgos.

Figura 7: Ensayo por el método de la carga en los tercios de la luz libre



Nota: NTE INEN 2554

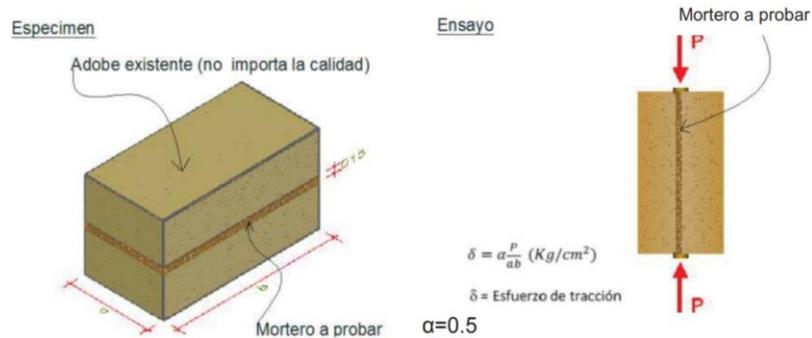
2.2.7.8. Resistencia del mortero a la tracción

Fundamental para asegurar la cohesión y estabilidad de los muros, en edificaciones de tierra que están expuestas a esfuerzos de tensión. De acuerdo con la Norma E.080, para determinar esta resistencia se debe realizar un ensayo de tracción indirecta usando probetas formadas por dos adobes unidos con mortero de barro. Estos ejemplares pueden incluir o no aditivos naturales. La compresión de estas muestras se realiza de forma similar a la prueba brasileña, donde se aplica una fuerza diametral para provocar deformaciones de tracción en la junta de mortero.

La resistencia última que debe alcanzar el mortero en este ensayo es de 0.012 MPa (0.12 kgf/cm²). Para garantizar la confiabilidad, se deben realizar al menos seis ensayos. Este criterio asegura que el mortero usado en la construcción tiene la capacidad para resistir las tensiones propias de las condiciones de carga,

contribuyendo así a la seguridad y durabilidad de las edificaciones. Espesor de juntas horizontales = 0.015 m.

Figura 8: *Ensayo de resistencia del mortero a la tracción*

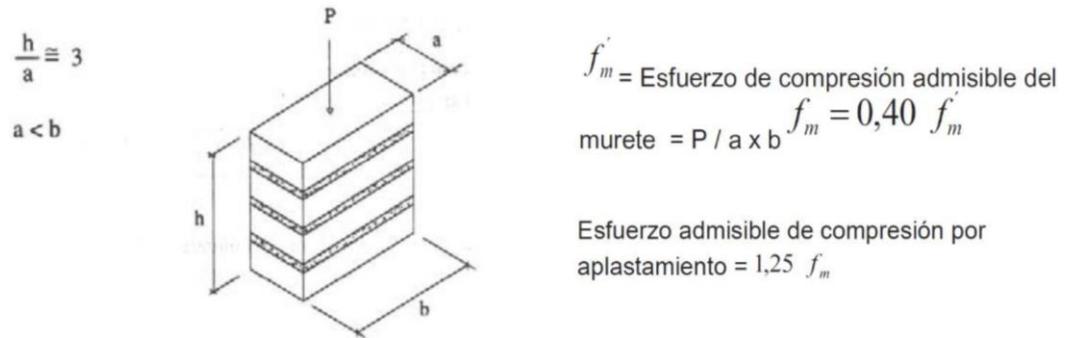


Nota: Norma E.080

2.2.7.9. Resistencia del murete a la compresión

La resistencia estructural de una construcción de adobe se ve muy afectada por este atributo. En la norma E.080, la resistencia de pared máxima que se puede especificar es 0,6 MPa o 6,12 kgf/cm². Encuentre esta resistencia realizando pruebas de compresión en tierra apisonada o muros de adobe que sean tres veces el tamaño más pequeño de los cimientos. Luego de 28 días de secado, es crucial que se cumpla o supere la resistencia final sugerida, o al menos el promedio de cuatro mejores muestras de las seis que se probaron. La estabilidad y seguridad de las estructuras están garantizadas mediante esta técnica, que verifica que los muros de construcción cumplan con los criterios mínimos de resistencia.

Figura 9: Ensayo de compresión. Muretes de adobe



Fuente: Norma E.080

2.3. Definición de términos básicos

Adobe: Unidad de suelo no procesado que incluye arcilla, arena y agua; la adición de agregados como arena gruesa o paja podría hacerlo más duradero. Refiriéndose a los pasos descritos en la Norma E.080, se le da forma de bloques y luego se seca lentamente en rejillas protegidas de los elementos y se espolvorea con arena fina para promover una contracción uniforme.

Arcilla: Suelo conformado por partículas menores a 0,002 mm. Al mezclarse con agua proporciona plasticidad y cohesión, actuando como aglutinante principal en la fabricación de adobes, lo que permite que la mezcla adquiriera estabilidad al secarse (Ukwizagira & Mbereyaho, 2023).

Estopa de coco: Fibra natural extraída en la cáscara del fruto del cocotero (Cocos nucifera). Su elevado contenido de lignina le confiere rigidez y resistencia, características que, al incorporarse en la mezcla del adobe, contribuyen a incrementar sus valores de compresión, tracción y flexión (Da Silva, y otros, 2024).

Compresión: Esfuerzo mecánico que somete al adobe a cargas opuestas que tienden a reducir su volumen. La resistencia a compresión es el parámetro más utilizado para evaluar la calidad del material y determinar su capacidad portante (Sanou et al., 2024).

Tracción: Esfuerzo mecánico que somete al adobe a fuerzas opuestas que tienden a estirarlo y fracturarlo. La resistencia a tracción tiene en cuenta la resistencia del material a las tensiones internas determinada por el ensayo brasileño en tracción indirecta según la norma E 0.80.

Flexión: Esfuerzo generado en el adobe al aplicarse una carga perpendicular a su eje longitudinal. La resistencia a flexión indica la capacidad del bloque para soportar esfuerzos transversales sin quebrarse, siendo un parámetro relevante en muros de adobe (Cyprien Bailly, El Mendili, Konin, & Khoury, 2024).

Mortero entre adobes: Se define según Norma E 0.80 como la mezcla plástica de barro empleada para unir las unidades de adobe en la construcción de muros. Su resistencia a tracción condiciona la adherencia entre bloques y la estabilidad de los muretes ensayados.

Murete: Elemento estructural de pequeña escala conformado por unidades de adobe unidas de mortero. Empleado en los ensayos de compresión para representar el comportamiento real de los muros en viviendas rurales (Rodríguez Cerna, 2021).

Granulometría: Distribución granulométrica del suelo en lo que respecta a la producción de ladrillos de adobe. Al inspeccionar el material pudimos identificar la cantidad de arcilla, limo y arena que lo constituía, lo que incidía en las características mecánicas del material. (Cid, Mazarrón & Cañas, 2021).

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Localización del proyecto

3.1.1. Ubicación Geográfica de la Cantera

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Cajamarca

Coordenadas UTM WGS84: Este: 774923.64
Norte: 9204521.10

Descripción: Cantera "Cruz Blanca" en la Ciudad de Cajamarca.

Referencia: Sector Cruz Blanca. Carretera Cajamarca – Ciudad de Dios, a 500 metros de la intersección entre la Avenida Independencia y Avenida Héroes del Cenepa. Avenida Independencia S/N.

Figura 10: *Ubicación geográfica de la cantera adobera Cruz Blanca*



Nota: Google Earth Pro-2024

3.1.2. Ubicación Geográfica del Laboratorio

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Cajamarca

Coordenadas UTM WGS84: Este: 776614.00
Norte: 9207011.00

Descripción: Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Referencia: Carretera Cajamarca – Baños del Inca, Frente al Qapac Ñan. Avenida Atahualpa Km. 3, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil.

Figura 11: *Ubicación geográfica del Laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca*



Fuente: Google Earth Pro-2024

3.2. Tiempo o época de la investigación

El estudio se realizó desde octubre de 2024 hasta junio de 2025 e incluyó los siguientes pasos: compilación del informe preliminar, creación de muestras de adobe, experimentos de laboratorio y análisis de datos. De noviembre a diciembre de 2024 escribí la mitad de la tesis. Posteriormente, de enero a marzo de 2025, se prepararon los ejemplares de adobe usando barbas de coco y se realizó el trabajo de campo. Abril y mayo de 2025 fueron los meses de prueba de tracción mecánica, compresión y flexión. Finalmente, la investigación finalizó en junio de 2025 con el análisis de datos y la redacción y organización de todo el informe de tesis.

3.3. Clima

El estudio se elaboró en la ciudad de Cajamarca, la cual presentó un clima templado de montaña, caracterizado por temperaturas moderadas durante el día y frías por la noche. Durante el periodo de investigación, entre octubre de 2024 y junio de 2025, la temperatura promedio osciló entre 12 °C y 18 °C, con una humedad relativa cercana al 70 %. También fue la época más lluviosa del año, con fuertes aguaceros documentados entre enero y marzo. El secado de bloques de adobe se vio afectado por estos factores climáticos ya que, según los requisitos de la Norma E 0.80, las probetas debían ser colocadas en secaderos protegidos del viento y el sol.

3.4. Procedimiento

La investigación se desarrolló siguiendo un conjunto de etapas que garantizaron la confiabilidad de los hallazgos obtenidos.

Figura 12: *Esquema de los procedimientos realizados*



3.4.1. Revisión bibliográfica

Se recopilaron y analizaron antecedentes nacionales e internacionales vinculados al uso de fibras naturales en adobes, además de la normativa aplicable, con énfasis en la Norma E.080.

3.4.2. Determinación de la muestra

La muestra se conformó con cuatro dosificaciones de estopa de coco incorporadas en el adobe: 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % con relación al peso seco del suelo, considerando la dosificación 0 % como muestra patrón para las comparaciones. Los porcentajes seleccionados respondieron a dos criterios: por un lado, el criterio técnico-experimental, al emplear incrementos progresivos de 0.40 % que permitieron identificar variaciones en la resistencia mecánica sin comprometer la compacidad de los especímenes; y por otro, el criterio bibliográfico, ya que investigaciones recientes sobre fibras vegetales en adobe recomiendan trabajar con adiciones menores al 2 % para evitar excesiva absorción de agua, dificultades de moldeo y pérdida de calidad en los bloques (Da Silva, y otros, 2024). De esta manera, la determinación de la muestra permitió obtener unidades de adobe representativas y adecuadas para el análisis de la incidencia de la estopa de coco en la resistencia mecánica del material.

3.4.3. Caracterización del suelo

Los investigadores utilizaron granulometría, límites de Atterberg y mediciones del contenido de humedad para categorizar el suelo y determinar su idoneidad para la producción de ladrillos de adobe.

3.4.4. Preparación de especímenes

Para el desarrollo de los especímenes se empleó suelo previamente homogenizado y agua; en las series correspondientes se añadió estopa de coco cortada en longitudes ≤ 5 cm, a fin de favorecer su dispersión en la mezcla y mantener la trabajabilidad durante el moldeo. La dosificación de fibra se controló respecto al peso seco del suelo (0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %).

La mezcla se compactó en moldes de madera y se obtuvieron especímenes con dimensiones estandarizadas por tipo de ensayo, de la siguiente manera:

Ensayo a compresión del adobe: 10 cm x 10 cm x 10 cm (largo x ancho x alto)

Ensayo a tracción del adobe: 15 cm x 30 cm (diámetro x alto)

Ensayo a flexión del adobe: 40 cm x 20 cm x 10 cm (largo x ancho x alto)

Ensayo a tracción de mortero: 30 x 15 cm x 10 cm (largo x ancho x alto)

Ensayo a compresión de murete: 30 x 15 cm x 10 cm (largo x ancho x alto)

3.4.5. Secado controlado

Los bloques de adobe se dispusieron en tendales protegidos del sol y del viento, espolvoreados con arena fina para permitir un encogimiento uniforme durante el secado. Este proceso se extendió por un lapso mínimo de 28 días.

3.4.6. Elaboración de muretes y morteros

Se construyeron muretes de adobe usando las mismas dosificaciones y se preparó mortero de barro con el fin de conocer la resistencia a tracción entre unidades.

3.4.7. Ensayos mecánicos

Se llevaron a cabo ensayos de laboratorio para determinar:

- La resistencia a tracción indirecta.

- La resistencia a compresión simple de los adobes.
- La resistencia a compresión de muretes.
- La resistencia a flexión.
- La resistencia a tracción del mortero entre adobes.

3.4.8. Procesamiento estadístico

Se recopilaron los hallazgos obtenidos en los ensayos y se aplicaron técnicas estadísticas para analizar y comparar las distintas dosificaciones con la muestra patrón (0 %).

3.4.9. Redacción del informe

Finalmente, se integraron y discutieron los hallazgos obtenidos, relacionándolos con la base teórica, así como antecedentes, lo que permitió la elaboración del informe final de tesis.

3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados

3.5.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

3.5.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, puesto que busca resolver un problema del mundo real (la escasa resistencia mecánica del adobe, un material utilizado a menudo para construir viviendas en zonas rurales), en lugar de simplemente contribuir a la comprensión teórica. En este sentido, la aplicación de la estopa de coco como material complementario permitió evaluar, de manera práctica, cómo una fibra natural abundante en el mercado podía mejorar el desempeño del adobe frente a esfuerzos de compresión, tracción y flexión. Los hallazgos obtenidos tuvieron un valor directamente utilitario, ya que contribuyeron con una alternativa

técnica que puede ser implementada en proyectos de vivienda rural, alineándose con la necesidad de promover construcciones seguras, sostenibles y accesibles.

3.5.1.2. Nivel de investigación

El estudio se desarrolló en un nivel explicativo, porque ayudó a determinar que los porcentajes de harina de coco (0%, 0.40%, 0.80% y 1.20%), que son las variables independientes, influyeron en la resistencia mecánica en el adobe, que es la variable dependiente. La exhaustiva investigación nos permitió determinar el efecto de la incorporación gradual de la fibra en los resultados de las pruebas de flexión, compresión y tracción. Este conocimiento sobre el comportamiento del material en diferentes condiciones de mezcla sentó las bases para su posible aplicación en la construcción de viviendas rurales.

3.5.1.3. Diseño de la investigación

El estudio utilizó un diseño experimental ya que la resistencia mecánica del adobe se midió luego de cambiar la variable independiente que fue la cantidad de harina de coco agregada (0%, 0.40%, 0.80% y 1.20%). Se trabajó con un diseño cuasiexperimental de laboratorio, ya que los especímenes fueron elaborados bajo condiciones controladas de mezcla, secado y ensayo, luego los parámetros señalados en la Norma E.080. Con este diseño, pudimos evaluar los hallazgos de las pruebas de adobe y mortero de pared en cuanto a compresión, tracción, flexión y resistencia general para descubrir cuánto impacto tuvo el remolque de coco en comparativa con el grupo de control (0%).

3.5.1.4. Método de la investigación

El método del estudio fue cuantitativo, se representaron numéricamente los hallazgos de los ensayos de compresión, tracción, así como flexión de las probetas de adobe. Esto permitió mediciones precisas de la resistencia mecánica y la posterior ejecución de análisis estadísticos. Esto proporcionó una explicación empírica de cómo la estopa de coco afecta las características del adobe, que es útil para su uso en viviendas rurales.

3.6. Población de estudio

La población estuvo constituida por todas las unidades de adobe que pudieron fabricarse usando como materiales principales tierra, agua y estopa de coco, destinadas a la construcción de viviendas rurales. Esta población incluyó, de manera potencial, a todos los especímenes que cumplían con las condiciones de elaboración, secado y ensayo establecidas en la Norma E.080.

3.7. Muestra

La muestra fueron especímenes de adobe desarrollados con suelo de la cantera Cruz Blanca (Cajamarca) y cuatro dosificaciones de estopa de coco: 0 %, 0.40 %, 0.80 %, 1.20 % con relación al peso seco del suelo, considerando la dosificación 0 % como muestra patrón. Los especímenes se prepararon bajo condiciones controladas de mezcla y moldeo; en las series con fibra, la estopa de coco fue cortada en longitudes menores o iguales a 5 cm para favorecer su dispersión homogénea y mantener la trabajabilidad de la mezcla. Para cada tipo de ensayo se consideraron medidas estandarizadas según la normativa correspondiente, asegurando uniformidad y comparabilidad en los hallazgos. Posteriormente, los especímenes se dispusieron en tendales protegidos del sol y del viento,

espolvoreados con arena fina, manteniendo un secado de 28 días antes de su ensayo. A la hora de decidir cuántas muestras tomar, consultamos la norma E.080, que señala que la resistencia mínima debe ser al menos tan alta como la media de las cuatro mejores de seis unidades; por ello, en tracción, flexión, tracción del mortero y compresión de muretes se utilizaron 6 especímenes por dosificación, mientras que en compresión del adobe se trabajó con 12 especímenes por dosificación, dado que es el parámetro principal de resistencia, más sensible a la variabilidad del material, y se buscó incrementar la confiabilidad estadística y obtener un promedio representativo. La distribución total de la muestra se presenta en la tabla:

Tabla 4: Número de ensayos de resistencia mecánica

Porcentaje de estopa de coco	Resistencia a la compresión del adobe	Resistencia a la tracción del adobe	Resistencia a la flexión del adobe	Resistencia a la tracción del Mortero	Resistencia a la compresión de murete
0.00	12	6	6	6	6
0.40	12	6	6	6	6
0.80	12	6	6	6	6
1.20	12	6	6	6	6
Total	48	24	24	24	24

3.8. Unidad de análisis

La unidad de análisis fueron los especímenes de adobe y los muretes elaborados con suelo de la cantera Cruz Blanca (Cajamarca), a los cuales se incorporó estopa de coco en proporciones de 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % con relación al peso seco del suelo. El efecto de la fibra sobre las resistencias a compresión, tracción, así como flexión del adobe, así como la resistencia a la tracción del mortero y resistencia a la compresión de las paredes, se determinó usando cada muestra que se preparó bajo condiciones controladas de mezclado, moldeado, secado y prueba.

3.9. Unidad de observación

La unidad de observación fueron los hallazgos de los ensayos mecánicos aplicados a los especímenes de adobe y muretes desarrollados con diferentes porcentajes de estopa de coco (0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %). Los datos usados para el análisis estadístico provinieron de cada registro de: resistencia a la compresión, tracción, flexión, tracción del mortero entre adobes y compresión de muros.

3.10. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.10.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica se basó en la observación estructurada y la experimentación en laboratorio, mediante la aplicación de ensayos normalizados a los especímenes de adobe y muretes. Se siguió la norma E.080 para el desarrollo de los ensayos de compresión, tracción y flexión que sirvieron para la recopilación de datos. Los valores observados, que eran directamente proporcionales a la fuerza de las muestras, proporcionaron datos cuantitativos sólidos para el análisis estadístico, así como la validación de hipótesis.

3.10.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos usados para la recolección de datos incluyeron las herramientas y el equipamiento del laboratorio para realizar las pruebas mecánicas de ladrillos de adobe y las muestras de pared. Los ladrillos de adobe se sometieron a pruebas básicas de compresión, tracción indirecta y flexión mediante una prensa hidráulica, mientras que la resistencia en la tracción del mortero entre los ladrillos se evaluó con un equipo de ensayo CBR. Para las pruebas de compresión de las paredes, se utilizó un sistema de carga que permitía ejercer fuerzas controladas sobre las muestras. El uso de moldes de madera estandarizados, reglas de metal, balanzas digitales

y recipientes para mezclar proporcionó una mayor garantía de coherencia en la preparación de muestras y precisión de las mediciones. Los hallazgos de cada prueba fueron meticulosamente documentados en fichas técnicas y hojas de registro de laboratorio, lo que permitió una fácil organización y análisis estadístico posterior.

3.11. Presentación de resultados

Los hallazgos fueron organizados en tablas y gráficos, iniciando con la caracterización del suelo usado en la elaboración de los especímenes, donde se presentaron sus propiedades físicas y de clasificación. Al comparar las distintas dosis de estopa de coco con la muestra de referencia (0%), se obtuvieron los hallazgos de las pruebas mecánicas de compresión, tracción, flexión, mortero y paredes. Esto permitió analizar el impacto de la fibra del comportamiento del adobe.

3.11.1. Resultados de las propiedades físicas y clasificación de suelo

Tabla 5: *Propiedades Físicas del Suelo*

Propiedades del Suelo	
Tipo de Suelo: CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad)	
Contenido de Humedad	9.99 %
Límite Líquido	29%
Límite Plástico	22%
Índice de Plasticidad	7.3%
Peso Específico	2.47 g/cm ³

Tabla 6: *Composición Granulométrica del Suelo*

TAMIZ		PR (gr)	%PR	% PAR	% PASA
Nº	ABERT. (mm)				
3/4 "	19.05	0.00	0	0	100.00 %
1/2"	12.70	0.00	0	0.00	100.00 %
3/8"	9.53	6.00	1.2	1.20	98.80 %
1/4"	6.35	27.30	5.46	6.66	93.34 %
4	4.75	12.60	2.52	9.18	90.82 %
10	2.00	47.30	9.46	18.64	81.36 %
20	0.85	39.30	7.86	26.50	73.50 %
30	0.59	12.20	2.44	28.94	71.06 %
40	0.43	11.40	2.28	31.22	68.78 %
60	0.25	15.90	3.18	34.40	65.60 %
100	0.15	19.30	3.86	38.26	61.74 %
200	0.08	20.80	4.16	42.42	57.58 %
Cazoleta		287.90	57.58	100.00	0.00 %
Total		500.00			

Tabla 7: *Resultados de las Pruebas de Campo*

Nombre de la Prueba	Parámetros	Resultados
“Cinta de Barro”	22 cm	Suelo muy arcilloso
“Presencia de Arcilla o Resistencia Seca”	Las bolitas de suelo no experimentaron fracturas o grietas	Suelo apto para fabricación de adobes

3.11.2. Resultados de ensayos de resistencia a compresión del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.

Figura 13: Ensayos de Compresión en unidades de adobe

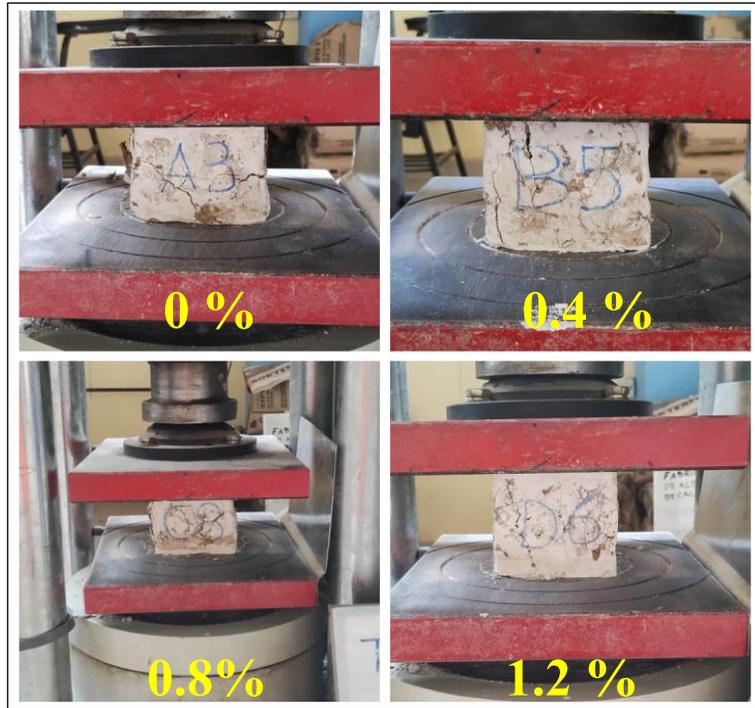


Tabla 8: Resultados de esfuerzos en ensayos a compresión de adobe

N°	Esfuerzo (kg/cm ²)			
	0.00%	0.40%	0.80%	1.20%
1	12.20	12.65	14.82	10.43
2	11.52	12.87	11.12	9.57
3	12.10	12.79	12.83	11.45
4	11.73	11.70	13.97	10.61
5	11.42	13.49	13.92	10.96
6	11.56	11.20	13.69	10.47
7	12.15	12.85	13.50	11.05
8	12.51	12.37	14.27	11.20
9	11.78	13.55	14.51	10.40
10	11.69	11.69	14.11	10.08
11	11.46	11.07	11.82	10.89
12	11.38	13.15	14.02	11.68
σ	0.32	0.41	0.36	0.40
Prom.	11.97	12.96	14.17	11.04

Figura 14: Grafica de resultados esfuerzos a compresión vs adobe con y sin % de estopa coco; esfuerzo mínimo según Norma E 0.80

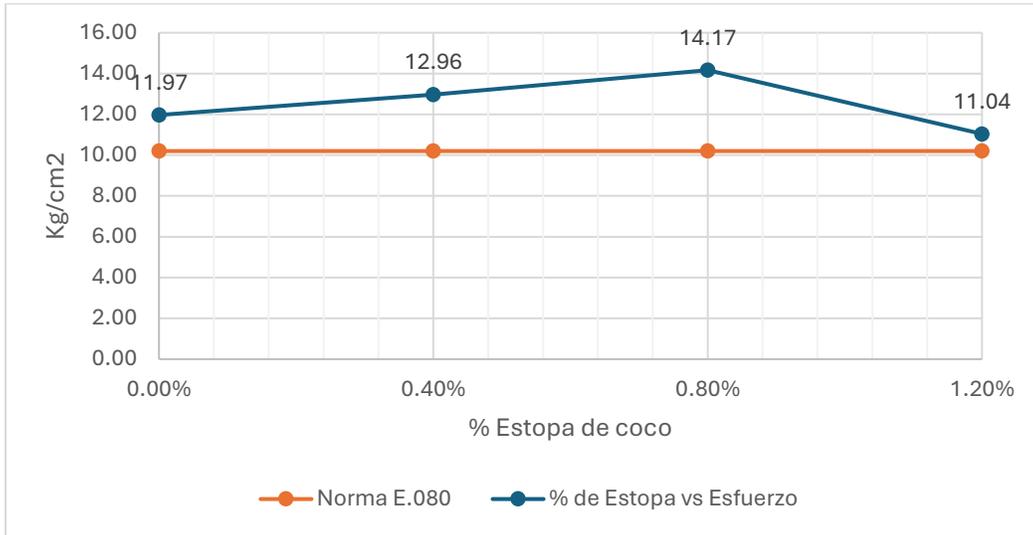
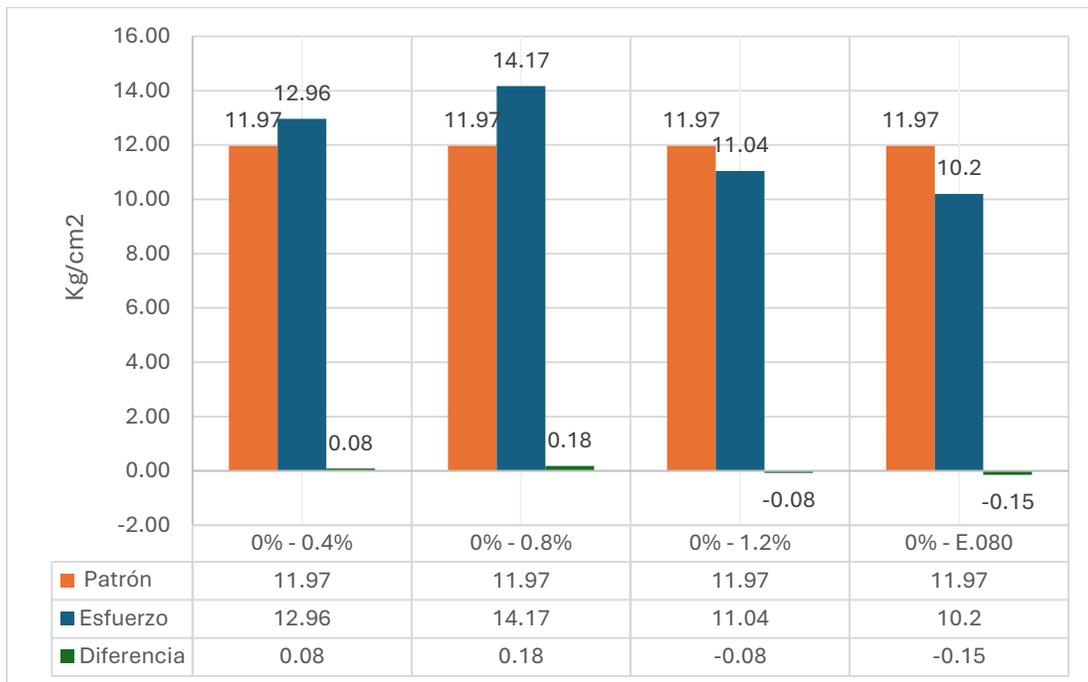


Figura 15: Gráfica comparativa de esfuerzos a compresión del adobe patrón vs adobe con % de estopa de coco y la Norma E 0.80.



3.11.3. Resultados de ensayos de resistencia a tracción del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.

Figura 16: Ensayos de Tracción en unidades de adobe

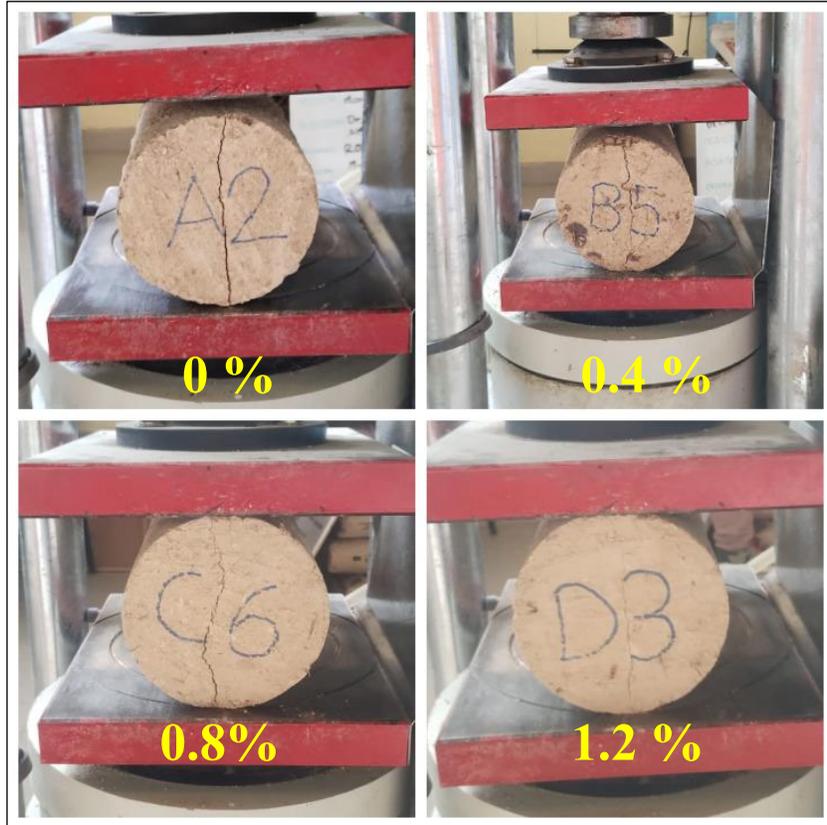


Tabla 9: Resultados de esfuerzos en ensayos a tracción de adobe

N°	Esfuerzo (kg/cm ²)			
	0.00%	0.40%	0.80%	1.20%
1	2.19	1.85	1.50	1.29
2	1.69	1.56	1.85	1.44
3	1.48	1.90	1.86	1.84
4	1.60	1.72	2.06	1.65
5	1.64	1.87	1.95	2.04
6	1.71	1.51	1.65	1.42
σ	0.26	0.08	0.10	0.26
Prom.	1.81	1.83	1.93	1.74

Figura 17: Gráfica de resultados esfuerzos a tracción vs adobe con y sin % de estopa coco; esfuerzo mínimo según Norma E 0.80

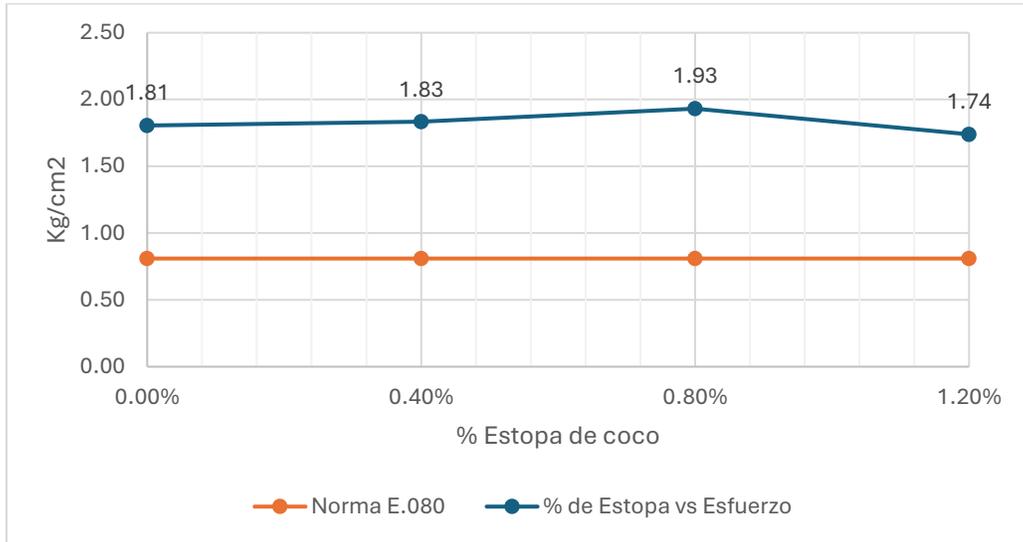
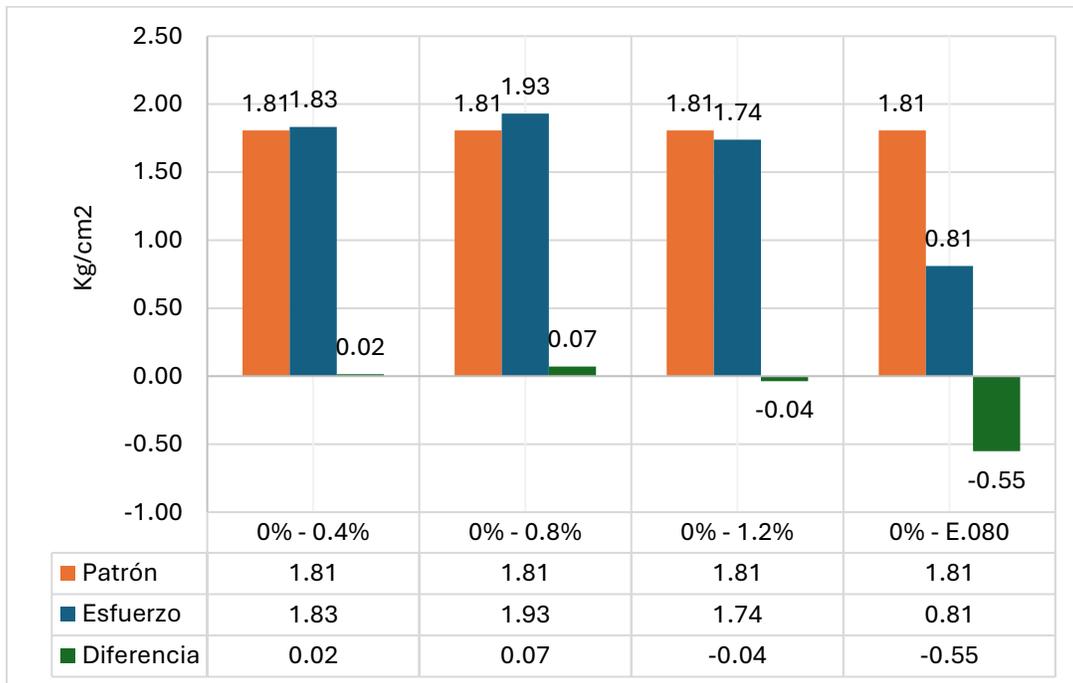


Figura 18: Gráfica comparativa de esfuerzos a tracción del adobe patrón vs adobe con % de estopa de coco y la Norma E 0.80.



3.11.4. Resultados de ensayos de resistencia a flexión del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.

Figura 19: Ensayos de flexión en unidades de adobe

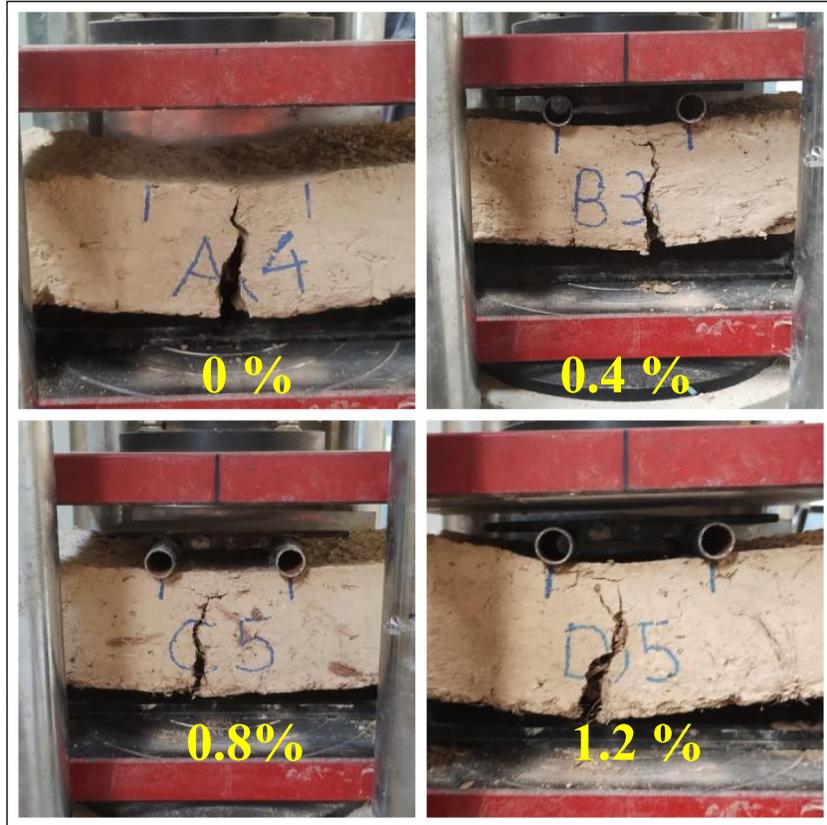


Tabla 10: Resultados de esfuerzos en ensayos a flexión de adobe

N°	Esfuerzo (kg/cm ²)			
	0.00%	0.40%	0.80%	1.20%
1	2.54	3.74	3.93	5.76
2	2.74	3.97	4.69	4.00
3	3.36	4.18	6.09	7.41
4	2.68	4.19	4.83	4.64
5	3.59	4.14	3.95	4.58
6	4.39	4.15	4.46	3.79
σ	0.45	0.02	0.39	0.42
Prom.	3.52	4.16	5.02	5.60

Figura 20: Grafica de resultados esfuerzos a flexión vs adobe con y sin % de estopa coco.

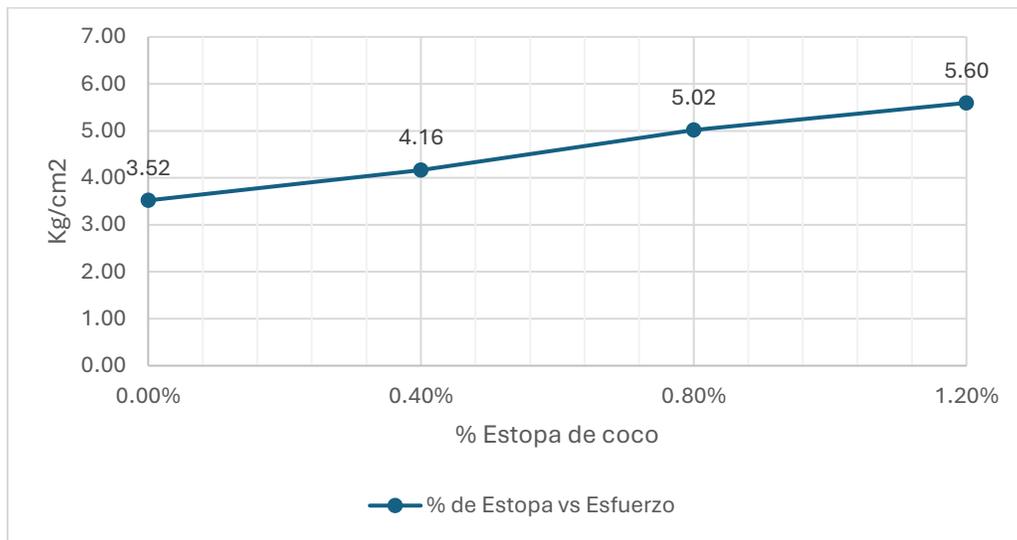
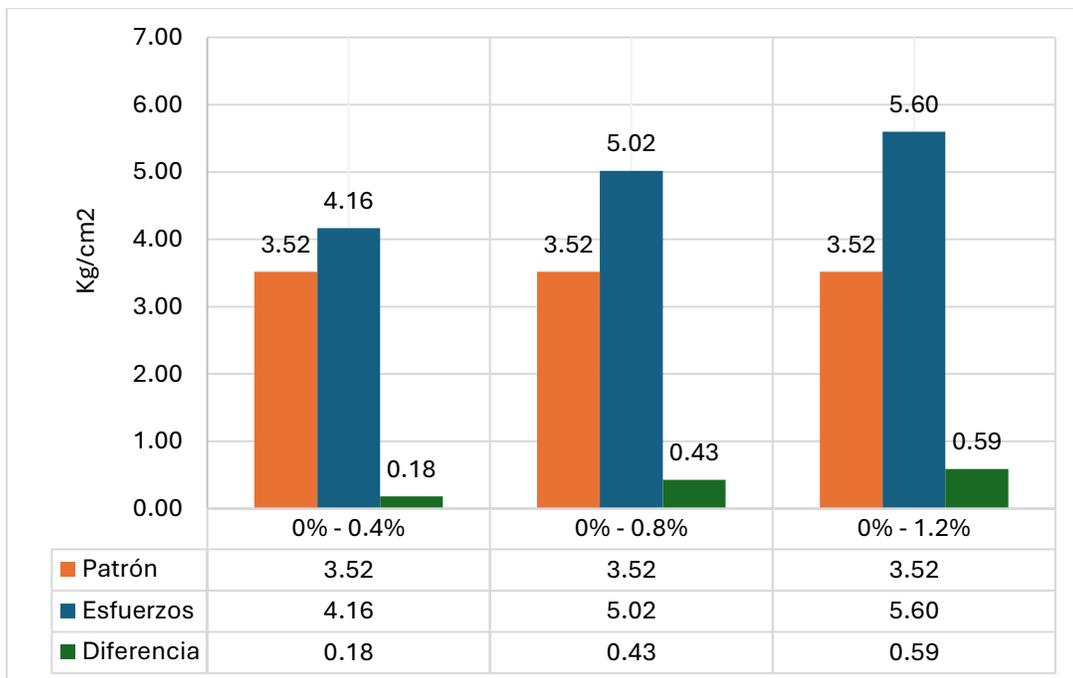


Figura 21: Gráfica comparativa de esfuerzos a flexión del adobe patrón vs adobe con % de estopa de coco.



3.11.5. Resultados de ensayos de resistencia a tracción del mortero entre adobes con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.

Figura 22: Ensayos de tracción de mortero entre unidades de adobe



Tabla 11: Resultados de esfuerzos en ensayos a tracción de mortero entre adobes

N°	Esfuerzo (kg/cm ²)			
	0.00%	0.40%	0.80%	1.20%
1	-	-	0.185	0.144
2	0.158	-	0.143	0.151
3	-	-	0.143	0.146
4	-	-	0.143	0.162
5	-	0.129	0.134	0.160
6	-	0.170	0.155	0.157
σ	-	0.028	0.020	0.005
Prom.	0.158	0.150	0.157	0.158

Figura 23: Gráfica de resultados esfuerzos a tracción de mortero vs adobe con y sin % de estopa coco; esfuerzo mínimo según Norma E 0.80

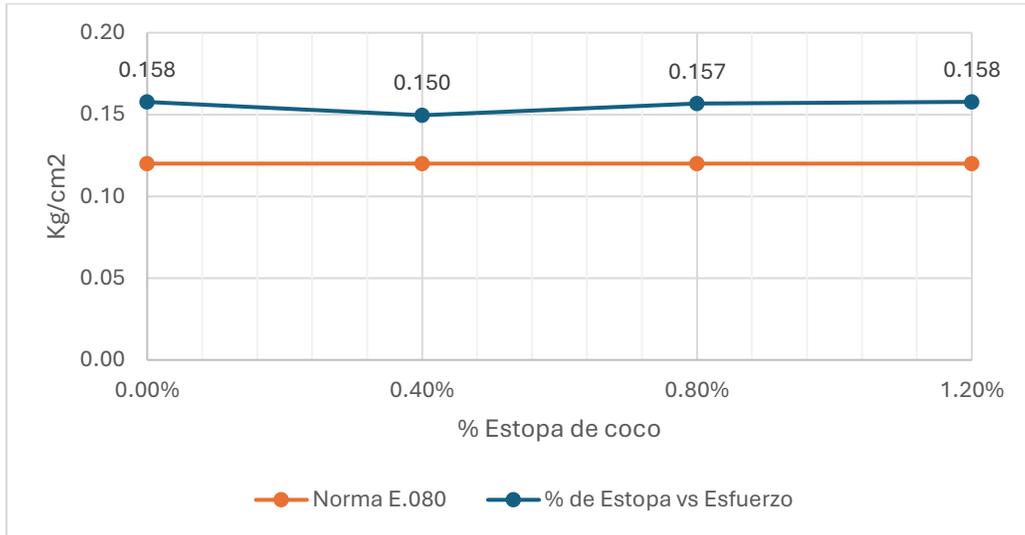
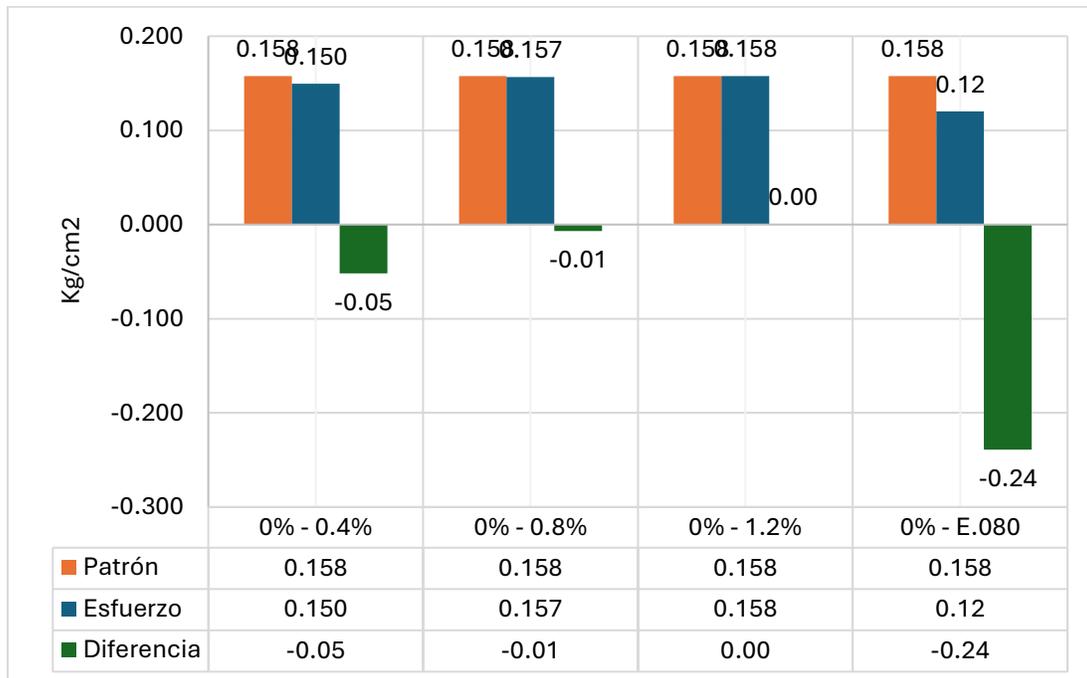


Figura 24: Gráfica comparativa de esfuerzos a tracción de mortero entre adobe patrón vs mortero entre adobe con % de estopa de coco y la Norma E 0.80.



3.11.6. Resultados de ensayos de resistencia a compresión del murete de adobes con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20% de estopa de coco.

Figura 25: Ensayos de Compresión en unidades de adobe



Tabla 12: Resultados de esfuerzos en ensayos a compresión en murete de adobes

N°	Esfuerzo (kg/cm ²)			
	0.00%	0.40%	0.80%	1.20%
1	7.66	7.62	8.55	6.93
2	7.62	8.16	8.44	7.29
3	8.73	9.44	8.83	7.42
4	7.39	7.93	9.58	7.07
5	8.12	8.96	8.40	7.67
6	8.18	8.65	9.57	7.58
σ	0.44	0.47	0.19	0.17
Prom.	8.17	8.80	9.13	7.49

Figura 26: Gráfica de resultados esfuerzos a compresión de murete vs adobe con y sin % de estopa coco; esfuerzo mínimo según Norma E 0.80

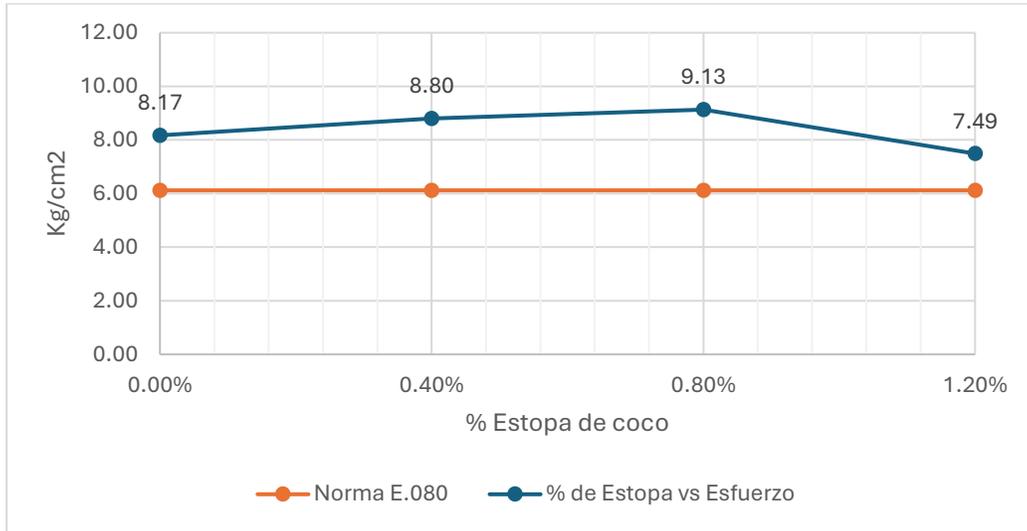
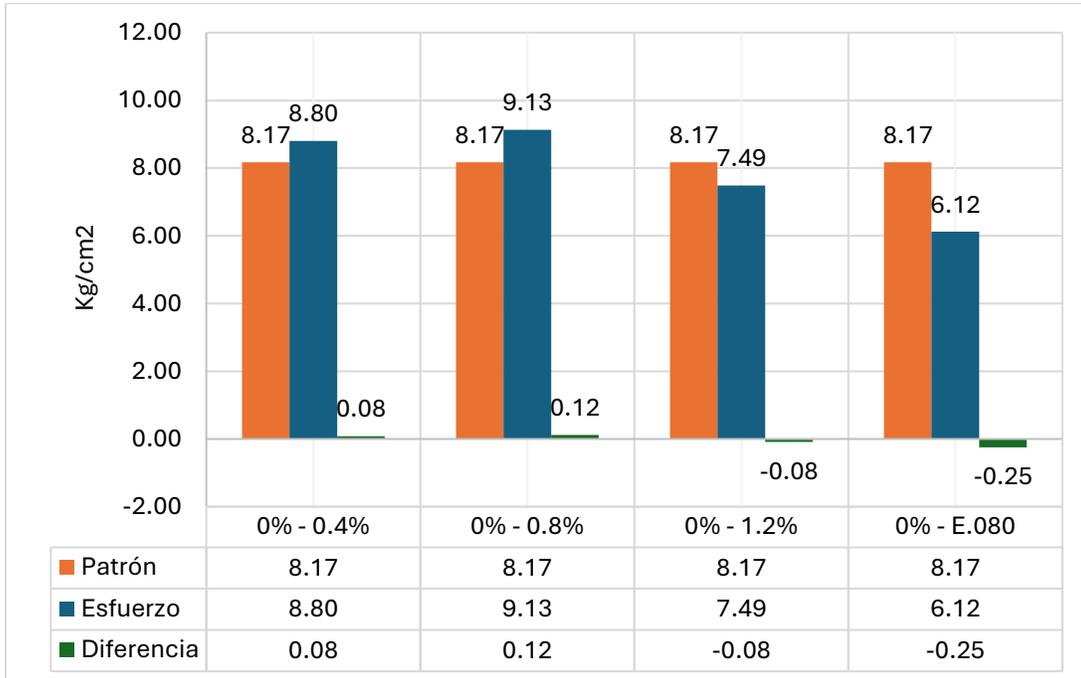


Figura 27: Gráfica comparativa de esfuerzos a compresión de muerte patrón vs muerte con % de estopa de coco y la Norma E 0.80.



CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se llevó a cabo el análisis estadístico de los ensayos llevados a cabo a las muestras de adobe, mortero y murete con diferentes porcentajes de estopa de coco (0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 %), ver Tabla 4. El procedimiento metodológico consideró tres pasos principales:

1°. Verificación de la normalidad. Al analizar los errores de cada grupo de tratamiento mediante la prueba de Shapiro-Wilk, pudimos confirmar que los datos se distribuían normalmente y que el análisis estadístico posterior sería legítimo.

2°. Comprobación de la homogeneidad de varianzas. Se usó la prueba de Levene, lo que permitió verificar la igualdad de varianzas entre los tratamientos y asegurar que los grupos fueran comparables bajo las mismas condiciones de variabilidad.

3°. Análisis de varianza y comparaciones múltiples. Una vez cumplidos los supuestos anteriores, se llevó a cabo el análisis de varianza (ANOVA) con el fin de identificar la existencia de diferencias entre los tratamientos aplicados. Posteriormente, se efectuaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey, que permitió determinar con mayor precisión qué dosificaciones de estopa de coco presentaban diferencias respecto a la muestra patrón (0 %) y entre ellas mismas.

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a compresión del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.

1°. Verificar los supuestos:

a. Normalidad de los errores

Hipótesis nula (H_0): Los residuos poseen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1): Los residuos no poseen una distribución normal.

Tabla 13: Prueba de normalidad para las resistencias a la compresión del adobe sin y con estopa de coco.

Tratamientos	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
0	0.823	0.151
0.4	0.912	0.491
0.8	0.973	0.858
1.2	0.974	0.864

Como todos los valores de significancia ($p > 0,05$) resultaron superiores al umbral establecido ($\alpha = 0,05$), la hipótesis nula no fue rechazada. En consecuencia, se procedió con el análisis de varianza (ANOVA), dado que ello evidenció que los residuos en cada grupo presentaban una distribución normal, cumpliendo así con la condición de validez requerida.

b. Homogeneidad de varianzas.

Con el propósito de verificar el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas entre los grupos, se aplicó la prueba de Levene.

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_1): Por lo menos una varianza difiere de las demás.

Tabla 14: Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para las resistencias a la compresión del adobe sin y con estopa de coco.

	Estadístico de Levene	Sig.
Resistencias a la compresión del adobe	0.805	0.515

Como el valor de significación ($p = 0.515$) cumple con el supuesto de varianzas iguales entre los grupos, ya que es mayor a ($\alpha = 0,05$), por lo cual, la hipótesis nula no es rechazada.

2°. Análisis de varianza.

Hipótesis nula (H_0): No hay diferencias significativas en la influencia de los cuatro porcentajes de estopa de coco en el aumento de la resistencia a la compresión del adobe.

Hipótesis alternativa (H_1): Al menos uno de los porcentajes de estopa de coco influye de manera diferente en el aumento de la resistencia a la compresión del adobe.

Tabla 15: Análisis de varianza para las resistencias a la compresión del adobe sin y con estopa de coco.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Tratamientos	21.176	3	7.0588	91.9639	<0.0001
Error	0.921	12	0.0768		
Total	22.098	15			

La Tabla 15 presenta un valor de significación de $p < 0.0001$, inferior al nivel de significancia definido ($\alpha = 0.05$); por ende, es aceptada la hipótesis alternativa (H_1), lo que demuestra que al menos uno de los porcentajes evaluados influye de manera diferente en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe.

3°. Comparaciones múltiples.

Tabla 16: Prueba de Tukey para las resistencias a la compresión del adobe sin y con estopa de coco

Tratamientos (Estopa de coco %)	Resistencias a compresión del adobe (kg/cm ²)	Agrupación
0.8	14.165	A
0.4	12.965	B
0	11.966	C
1.2	11.040	D

Se puede apreciar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey usada en la resistencia a la compresión del adobe con distintos porcentajes de estopa de coco. Los

tratamientos del grupo A con 0,8% de estopa tuvieron la mejor resistencia promedio (14,165 kg/cm²), lo que sugiere que fueron los mejores del grupo. A continuación, en el grupo B se incluyó el tratamiento que utilizó 0,4% de estopa y consiguió una resistencia media de 12.965 kg/cm². En cuanto al grupo C, el adobe sin estopa (0% del total) tuvo una densidad promedio de 11,966 kg/cm². Por último, al grupo D se le asignó el tratamiento con 1,2% de estopa por presentar la menor resistencia, midiendo 11.040 kg/cm². Los hallazgos demuestran que un tratamiento de estopa de coco al 0,8% produce la mayor resistencia a la compresión, incrementándola en un 18,38% en comparativa con la muestra de control.

4.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a tracción del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.

1°. Verificar los supuestos:

a. Normalidad de los errores

Hipótesis nula (H₀): Los residuos poseen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H₁): Los residuos no poseen una distribución normal.

Tabla 17: Prueba de normalidad para la resistencia del adobe a la tracción sin y con estopa de coco.

Tratamientos	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
0	0.736	0.280
0.4	0.854	0.239
0.8	0.887	0.370
1.2	0.995	0.982

Puesto que todos los valores de significación ($p > 0.05$) los hallazgos son superiores al umbral predeterminado de significancia ($\alpha = 0,05$), la hipótesis nula sigue siendo válida. Esto demuestra que se cumple el supuesto de errores distribuidos normalmente, ya que los residuos de cada grupo exhiben una distribución normal.

b. Homogeneidad de varianzas.

Con el propósito de verificar el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas entre los grupos, se aplicó la prueba de Levene.

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_1): Por lo menos una varianza difiere de las demás.

Tabla 18: Prueba de normalidad para la resistencia del adobe a la tracción sin y con estopa de coco.

	Estadístico de Levene	Sig.
Resistencia del adobe a la tracción	2.523	0.107

Como el valor de significación ($p = 0.107$) es mayor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), no es rechazada la hipótesis nula, lo que confirma que se mantiene el supuesto de homogeneidad de varianzas entre los grupos.

2°. Análisis de varianza.

Hipótesis nula (H_0): No hay diferencias significativas en la influencia de los cuatro porcentajes de estopa de coco en el aumento de la resistencia a la tracción del adobe.

Hipótesis alternativa (H_1): Al menos uno de los porcentajes de estopa de coco influye de manera diferente en el aumento de la resistencia a la tracción del adobe.

Tabla 19: Análisis de varianza para la resistencia del adobe a la tracción sin y con estopa de coco.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Tratamientos	0.0727	3	0.0242	0.6563	0.0144
Error	0.4433	12	0.0369		
Total	0.516	15			

La tabla 19 muestra un valor de significación de $p < 0.0144$, lo cual es inferior a ($\alpha = 0.05$); es aceptada la hipótesis alternativa (H_1), que indica que al menos uno de los porcentajes evaluados influye de manera diferente en el aumento de la resistencia a la compresión del adobe.

3°. Comparaciones múltiples.

Tabla 20: Prueba de Tukey para las resistencias a la tracción del adobe sin y con estopa de coco

Tratamientos (Estopa de coco %)	Resistencias a tracción del adobe (kg/cm ²)	Agrupación
0.8	1.932	A
0.4	1.833	B
0	1.806	C
1.2	1.740	D

Se aprecia la prueba de comparaciones múltiples de Tukey llevada a cabo sobre la resistencia a la compresión del adobe con diferentes cantidades de estopa de coco. Con una resistencia media de 1.932 kg/cm², el Tratamiento A, que contiene un 0,8% de estopa, es claramente la opción superior entre las tres. El segundo grupo, B, incluyó el tratamiento que utilizó 0,4% de estopa y logró una resistencia promedio de 1.833 kg/cm³. El adobe sin estopa del grupo C (0% del total) tuvo una densidad promedio de 1.806 kg/cm². Al grupo D se le asignó el tratamiento de menor resistencia (1.740 kg/cm²), que fue el de 1,2% de estopa. Los hallazgos muestran que el tratamiento con 0,8% de estopa de coco aumenta la resistencia en la compresión en un 6,96% en comparativa con la muestra de referencia, que es la mayor.

4.3. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a flexión del adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.

1º. Verificar los supuestos:

a. Normalidad de los errores.

Hipótesis nula (H_0): Los residuos poseen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1): Los residuos no poseen una distribución normal.

Tabla 21: Prueba de normalidad para la resistencia a flexión del adobe sin y con estopa de coco.

Tratamientos	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
0	0.984	0.928
0.4	0.911	0.488
0.8	0.816	0.133
1.2	0.863	0.271

Dado que todos los valores de significación ($p > 0.05$) no es rechazada la hipótesis nula si superan el umbral de significancia predeterminado ($\alpha = 0,05$). Esto verifica que los residuos de cada grupo se distribuyan normalmente, lo que satisface la premisa de que los errores se distribuyen normalmente y permite el uso del análisis de varianza (ANOVA).

b. Homogeneidad de varianzas.

Con el propósito de verificar el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas entre los grupos, se aplicó la prueba de Levene.

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_1): Por lo menos una varianza difiere de las demás.

Tabla 22: Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para la resistencia a flexión del adobe sin y con estopa de coco.

	Estadístico de Levene	Sig.
Resistencia a flexión del adobe	3.231	0.061

Puesto que el valor de significación ($p = 0.061$) no es rechazada la hipótesis nula, lo que sugiere que se cumple la homogeneidad de la varianza del grupo, ya que es superior al umbral de significancia ($\alpha = 0,05$).

2°. Análisis de varianza.

Hipótesis nula (H_0): No hay diferencias significativas en la influencia de los cuatro porcentajes de estopa de coco en el aumento de la resistencia a la flexión del adobe.

Hipótesis alternativa (H_1): Al menos uno de los porcentajes de estopa de coco influye de manera diferente en el aumento de la resistencia a la flexión del adobe.

Tabla 23: Análisis de varianza para la resistencia a flexión del adobe sin y con estopa de coco.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Tratamientos	10.0898	3	3.3633	4.8833	0.0191
Error	8.2647	12	0.6887		
Total	18.3544	15			

La tabla 23 muestra un valor de significación de $p = 0.0191$, es aceptada la hipótesis alternativa (H_1), lo que señala que al menos uno de los porcentajes analizados influye de forma distinta en el incremento de la resistencia a la flexión del adobe, dado que el valor obtenido resulta menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$).

3°. Comparaciones múltiples.

Tabla 24: Prueba de Tukey para la resistencia a flexión del adobe sin y con estopa de coco.

Tratamientos (Estopa de coco %)	Resistencia a flexión del adobe (kg/cm ²)	Agrupación
1.2	5.596	A
0.8	5.018	AB
0.4	4.165	AB
0	3.519	B

Los hallazgos de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey que muestra la resistencia a la flexión del adobe con diferentes cantidades de paja de coco. La resistencia promedio del grupo B tratado con 0% de estopa fue de 3.519 kg/cm², mientras que el grupo A tratado con 1,2% de estopa tuvo la mayor resistencia promedio de 5.596 kg/cm². El grupo AB, que incluye tratamientos con concentraciones del 0,8% (5.018 kg/cm²) y del 0,4% (4.165 kg/cm²), muestra que no existen diferencias entre ambos grupos ni en resistencia ni en rendimiento. Estos resultados muestran que la resistencia a la compresión de la muestra de referencia fue la más baja y que aumentó un 59,02% después de ser tratada con un 1,2% de estopa de coco.

4.4. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a tracción del mortero entre adobes con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.

1°. Verificar los supuestos:

a. Normalidad de los errores

Hipótesis nula (H₀): Los residuos poseen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H₁): Los residuos no poseen una distribución normal.

Tabla 25: Prueba de normalidad para la resistencia a tracción del mortero entre adobes sin y con estopa de coco.

Tratamientos	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
0.4	0.944	0.681
0.8	0.808	0.117
1.2	0.941	0.662

Dado que todos los valores de significación ($p > 0.05$) superan al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), no es rechazada la hipótesis nula. Esto indica que los residuos en cada grupo se distribuyen normalmente, cumpliéndose así el supuesto de normalidad de los errores, lo que permite continuar con el análisis de varianza (ANOVA).

b. Homogeneidad de varianzas.

Con el propósito de verificar el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas entre los grupos, se aplicó la prueba de Levene.

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_1): Por lo menos una varianza difiere de las demás.

Tabla 26: Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para la resistencia a tracción del mortero entre adobes sin y con estopa de coco.

	Estadístico de Levene	Sig.
Resistencia del mortero a la tracción	1.339	0.310

Dado que el valor de significación ($p = 0,310$) es superior al umbral de significación ($\alpha = 0,05$), no se rechaza la hipótesis nula, lo que confirma que se cumple el supuesto de homogeneidad de las varianzas entre los grupos.

2°. Análisis de varianza.

Hipótesis nula (H_0): No hay diferencias significativas en la influencia de los cuatro porcentajes de estopa de coco en el aumento de la resistencia a la tracción del mortero.

Hipótesis alternativa (H_1): Al menos uno de los porcentajes de estopa de coco influye de manera diferente en el aumento de la resistencia a la tracción del mortero.

Tabla 27: Análisis de varianza para la resistencia a tracción del mortero entre adobes sin y con estopa de coco.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Tratamientos	0.0001	2	0.0001	0.3063	0.7436
Error	0.0021	9	0.0002		
Total	0.0022	11			

Según la Tabla 27, con un valor p de 0,7436, el resultado supera el límite significativo preestablecido de 0,05. Por lo tanto, la hipótesis nula (H_0) sigue sin rechazarse, lo que revela que los porcentajes examinados no tuvieron ningún efecto discernible sobre la mejora de la resistencia a la tracción del mortero. El tratamiento con 0 % y 1.2% de estopa de coco alcanzó la mayor resistencia a la tracción del mortero (0.158 kg/cm²), seguido muy de cerca por el 0.8% (0.157 kg/cm²) y el 0.4% (0.150 kg/cm²). No obstante, las diferencias entre los tratamientos son mínimas, el resultado del análisis estadístico ($p = 0,7436$) respalda que la cantidad de harina de coco no incide en la mayor resistencia a la tracción del mortero.

4.5. Análisis, interpretación y discusión de resultados de la resistencia a compresión del murete de adobe con 0 %, 0.40 %, 0.80 % y 1.20 % de estopa de coco.

1º. Verificar los supuestos:

a. Normalidad de los errores

Hipótesis nula (H_0): Los residuos poseen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1): Los residuos no poseen una distribución normal.

Tabla 28: Prueba de normalidad para las resistencias a compresión del murete sin y con estopa de coco.

Tratamientos	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
0	0.964	0.804
0.4	1.000	0.890
0.8	0.840	0.194
1.2	0.970	0.840

Dado que todos los valores de significación ($p > 0.05$) superan al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), no es rechazada la hipótesis nula. Esto indica que los residuos en cada grupo se distribuyen normalmente, cumpliéndose así el supuesto de normalidad de los errores, lo que permite continuar con el análisis de varianza (ANOVA).

b. Homogeneidad de varianzas.

Con el propósito de verificar el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas entre los grupos, se aplicó la prueba de Levene.

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_1): Por lo menos una varianza difiere de las demás.

Tabla 29: Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para las resistencias a compresión del murete sin y con estopa de coco.

	Estadístico de Levene	Sig.
Resistencias del murete a la compresión	1.662	0.228

Dado que el valor de significación ($p = 0,228$) es superior al umbral de significación ($\alpha = 0,05$), no se rechaza la hipótesis nula, lo que confirma que se cumple el supuesto de homogeneidad de las varianzas entre los grupos.

2°. Análisis de varianza.

Hipótesis nula (H_0): No hay diferencias significativas en la influencia de los cuatro porcentajes de estopa de coco en el aumento de la resistencia a la compresión del murete de adobe.

Hipótesis alternativa (H_1): Al menos uno de los porcentajes de estopa de coco influye de manera diferente en el aumento de la resistencia a la compresión del murete de adobe.

Tabla 30: Análisis de varianza para las resistencias a compresión del murete sin y con estopa de coco.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Tratamientos	6.3137	3	2.1046	10.7402	0.001
Error	2.3514	12	0.196		
Total	8.6651	15			

La tabla 30 muestra un valor de significación de $p = 0.001$, es inferior al nivel de significancia ($\alpha = 0,05$); Debido a esto, se concluye que la hipótesis alternativa (H_1) es correcta y rechazar la hipótesis nula (H_0) que señala que no hay cambios en la resistencia a la compresión del muro de adobe como resultado de los porcentajes examinados.

3°. Comparaciones múltiples.

Tabla 31: Prueba de Tukey para las resistencias a compresión del murete sin y con estopa de coco.

Tratamientos (Estopa de coco %)	Resistencias del murete a la compresión (kg/cm²)	Agrupación
0.8	9.131	A
0.4	8.801	AB
0	8.171	BC
1.2	7.489	C

Se aprecia la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para la resistencia a la compresión de la pared de adobe con cantidades variables de hilo de coco. En el Grupo A, el tratamiento con 0,8% de estopa demostró un comportamiento muy superior al tratamiento con 1,2% de estopa, con la mayor resistencia promedio de 9.131 kg/cm, que estuvo en el grupo C y tuvo la menor resistencia (7.489 kg/cm²). El grupo AB intermedio recibió el tratamiento al 0.4% (8,801 kg/cm²), mientras que el grupo BC recibió el adobe sin estopa (0%) con un promedio de 8,171 kg/cm². Estos hallazgos muestran que la resistencia a la compresión de la pared mejora considerablemente después del tratamiento con un 0,8% de estopa de coco, incrementándola en un 11,76% en comparativa con la muestra de control.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Respecto al objetivo de caracterizar el suelo, los hallazgos de las pruebas en ambiente controlado llevaron a su categorización como CL, abreviatura de "arcilla inorgánica de baja plasticidad", un material que cumple con los requisitos establecidos en la Norma E.080 para su uso en la fabricación de adobe.
- En la resistencia a compresión del adobe, la muestra de referencia tuvo una resistencia promedio de 11,96 kg/cm², mientras que el tratamiento con 0,8% de estopa de coco la incrementó en un 18,38%, alcanzando la mayor resistencia promedio de 14,16 kg/cm². El tratamiento con 0.4 % obtuvo 12.96 kg/cm², mientras que el 1.2 % registró la menor resistencia (11.04 kg/cm²). Estos resultados confirman que el 0.8 % de estopa fue la dosificación más eficiente.
- En la resistencia a tracción del adobe, el tratamiento con 0.8 % de estopa de coco presentó la mayor resistencia promedio (1.93 kg/cm²), con un incremento del 6.96 % frente a la muestra patrón (1.80 kg/cm²). El tratamiento con 0.4 % alcanzó 1.83 kg/cm², y el 1.2 % mostró la menor resistencia (1.74 kg/cm²).
- En la resistencia a flexión del adobe, el tratamiento con 1,2% de estopa de coco tuvo los mayores resultados, alcanzando un promedio de 5,59 kg/cm². En comparación con la muestra de referencia, que tenía una densidad media de 3,51 kg/cm², esto representó un aumento del 59,02%. Tras los tratamientos con 0,8% y 0,4%, respectivamente, los valores intermedios fueron 5,01 y 4,16 kg/cm².
- En la resistencia a tracción del mortero entre adobes, los tratamientos con 0 % y 1.2 % de estopa de coco registraron la mayor resistencia promedio (0.158 kg/cm²), seguidos de cerca

por 0.8 % (0.157 kg/cm²) y 0.4 % (0.150 kg/cm²). Sin embargo, el análisis estadístico mostró que las diferencias entre tratamientos fueron mínimas ($p = 0.7436$), concluyéndose que la adición de estopa no influyó en este parámetro.

- El tratamiento con 1,2% de estopa de coco tuvo los mayores resultados, alcanzando un promedio de 5,59 kg/cm². Esto representó un aumento del 59,02 % en comparación con la muestra de referencia, que tenía un promedio de 3,51 kg/cm². Los valores intermedios de 5,01 y 4,16 kg/cm² se alcanzaron con los tratamientos con 0,8% y 0,4%, respectivamente.
- Por último, en cuanto a la hipótesis de investigación, se encontró que la resistencia mecánica del adobe se mejoró al agregar vatio de coco. Esto fue corroborado por aumentos superiores al 5% en las pruebas de compresión de adobe, tracción de adobe y compresión de muros, observándose los hallazgos más favorables con la dosis de 0,8%. En el caso de la flexión, el tratamiento de 1.2 % alcanzó la mayor resistencia, mientras que en la tracción del mortero no se evidenció un efecto relevante de la fibra. Estos resultados confirman que la adición de estopa de coco es una alternativa técnica viable para mejorar el adobe destinado a la construcción de viviendas rurales, siempre que se controle adecuadamente su porcentaje de incorporación.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda emplear 0.8 % de estopa de coco en la fabricación de adobes, ya que esta dosificación presentará los mejores resultados globales en compresión del adobe, tracción del adobe y compresión de muretes, con incrementos superiores al 5 % respecto a la muestra patrón.

- Futuras investigaciones deberán incluir ensayos de tracción indirecta en muretes, a fin de evaluar con mayor precisión la influencia de la adición de fibras naturales como la estopa de coco en la resistencia de los muros de adobe.
- Futuras investigaciones deberán ampliar el rango de porcentajes de estopa de coco en intervalos más pequeños (por ejemplo, 0.20 %, 0.60 % o 1.00 %), con el propósito de precisar el punto óptimo de desempeño del material.
- También se recomienda realizar estudios complementarios sobre la influencia de la estopa de coco en otras propiedades del adobe, como la absorción de agua, la conductividad térmica y el comportamiento sísmico de muretes, a fin de contar con una evaluación integral del material para su aplicación en viviendas rurales.
- Se recomienda que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú incluya la prueba de resistencia a la flexión de la unidad de adobe en la Norma E.080 para proporcionar pautas más completas para el diseño y evaluación de materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, J., Majdi, A., Al-Fakih, A., Farouk Deifalla, A., Althoey, F., Hechmi El Ouni, M., & El-Shorbagy, M. A. (2022). *Rendimiento mecánico y durabilidad del hormigón reforzado con fibra de coco: una revisión de vanguardia*. Materials.
- Altamirano Carrasco, O. V. (2019). *INCIDENCIA DE LA FIBRA VEGETAL “PAJA ICHU” EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Arqui Base. (2024). *Arqui Base*. Obtenido de Construcción con adobe: técnica y componentes.
- Chino de la Cruz, I. (2018). *PROPIEDADES MECANICAS Y TERMICAS DE ADOBES COMPACTADOS*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Construmática. (27 de Abril de 2008). *Construmática*. Obtenido de El Adobe en la Construcción para el Desarrollo:
https://www.construmatica.com/construpedia/El_Adobe_en_la_Construcci%C3%B3n_para_el_Desarrollo
- Cyprien Bailly, G., El Mendili, Y., Konin, A., & Khoury, E. (2024). Avanzando en la construcción con materiales de tierra: una revisión exhaustiva de las técnicas de estabilización y refuerzo para adobe y bloques de tierra comprimida. *Eng*, 5, 750-783.
- Da Silva, N. A., Cecchin, D., A Rocha, C. A., Toledo Filho, R. D., Pessin, J., Rossi, G., . . . P Ferraz, P. F. (2024). Influencia de la incorporación de fibra de coco en el comportamiento mecánico de bloques de adobe. *Agronomy Research*, 22.
- De Naoum, K., & Lichtig, A. (28 de Octubre de 2024). *Xometry*. Obtenido de Esfuerzo de flexión: comprenda este concepto y cómo surge:
<https://www.xometry.com/resources/materials/bending-stress/>
- Dominguez, T. (2015). *El ABC de la fabricación de ladrillos de adobe*. New Mexico State University.
- Domke, P. V., & Mude, V. D. (2021). Materiales de construcción reforzados con fibras naturales. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 12, 104-107.
- Fernández, I. (2015). Endocarpio de coco como recurso renovable para el diseño de materiales verdes. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 7(14), 93-100.

- Gama Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi Puig, T., Alcalá Martínez, R., Cabadas Báez, H., Jasso Castañeda, C., . . . Vilanova de Allende, R. (2015). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177-188.
- Guevara Garcia, R. E. (2024). *EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE AGREGANDO FIBRA DE PLÁTANO Y VIRUTA DE MADERA*. Universidad Señor de Sipán.
- Informe Construcción. (05 de Enero de 2023). *Informe Construcción*. Obtenido de La construcción en adobe, una opción tentadora con ventajas y desventajas: <https://www.informeconstruccion.com/nota/obras-proyectos/7495/construccion-adobe-opcion-tentadora-ventajas-desventajas.html>
- Instituto Ecuatoriano de Normaización (INEN). (2011). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2554*.
- Internacional Code Council ICC. (2023). *Código Internacional de la Edificación 2021*. Internacional Code Council ICC.
- Mendoza Mamani, E. R. (2020). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del adobe reforzado con fibra de caña y el adobe convencional, Carabayllo - 2019*. Universidad Césas Vallejo.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS. (2017). *Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS.
- Portillo, G. (14 de Octubre de 2024). *Renovables Verdes*. Obtenido de Casas de adobe: Características, ventajas, desventajas y cómo construir las: <https://www.renovablesverdes.com/casas-de-adobe/>
- Quiroz Heredia, D. S., & Rivera Gozalez, E. (2021). *Beneficios del Adobe reforzado como sistema constructivo sostenible para el diseño de viviendas en Alto Trujillo - 2021*. Universidad César Vallejo.
- Revilla Vargas, V. H. (2024). *Comportamiento mecánico de muros de adobe reforzado con fibras de Rye grass Ecotipo Cajamarquino, Cajamarca 2023*. Universidad César Vallejo.
- Rocco, A., Vicente, R., Rodrigues, H., & Ferreira, V. (2024). Bloques de Adobe Reforzados con Fibras Vegetales: Caracterización Mecánica y Térmica. *Buildings*, 14(2582).

- Rodríguez Cerna, J. E. (2021). *Resistencia del adobe cuyas unidades han sido reforzadas al 2% con fibra de maguey-centro poblado de Pongor Huaraz*. UNIVERSIDAD SAN PEDRO.
- Rodriguez Elias, B. G. (2020). *INFLUENCIA DE TAMAÑO, PORCENTAJE Y TIPO DE FIBRA NATURAL EN ADOBES ESTABILIZADOS SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, CONTRACCIÓN Y DURABILIDAD EN CONSTRUCCIONES RURALES, TRUJILLO 2019*. Universidad Privada del Norte.
- Sabhadiya, S. (2024). *The Engineering Choice*. Obtenido de ¿Qué es la resistencia a la compresión? Definición, fórmula: <https://www.theengineeringchoice.com/what-is-compressive-strength/>
- Sharma, V., Marwaha, B., & Vinayak, H. (2016). Mejorar la durabilidad del adobe mediante refuerzo natural para la propagación de viviendas de barro sostenibles. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5, 141-155.
- The Efficient Engineer. (13 de Octubre de 2023). *The Efficient Engineer*. Obtenido de Introducción al estrés y la tensión: <https://efficientengineer.com/stress-and-strain/>
- Ticona Apaza, J. M. (2020). *Análisis comparativo entre el adobe tradicional y el adobe reforzado con fibras de coco, Huancané, Puno - 2019*. Universidad César Vallejo.
- Torres Agüero, R. V. (2021). *LAS FIBRAS NATURALES COMO REFUERZO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS DE ADOBE EN LA COSTA DEL DEPARTAMENTO DE ICA*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA MOLINA.
- Torres García, D., & Astochado Perez, K. J. (2024). *RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL CON LA INCORPORACIÓN DE FIBRA DE COCO, JAÉN – CAJAMARCA, 2022*. Universidad Nacional de Jaén.
- Ukwizagira, G., & Mbereyaho, L. (2023). Evaluación de la resistencia de ladrillos de adobe mejorados mediante estabilizadores naturales. *Mediterranean Journal of Basic and Applied Sciences (MJBAS)*, 7(1), 14-26.
- Vasquez Vasquez, L. (2021). *RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON FIBRA DE PINO; CAJAMARCA 2019*. Universidad Privada del Norte.

APENDICES

A. Propiedades físicas y clasificación de suelo

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA					
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD				
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL"				
TESISTA:	BACH. ENRIQUE MORALES RABANAL				
ELEMENTO A ENSAYAR:	MUESTRA SUELO	MUESTRA:	1, 2, 3	CÓDIGO:	M1, M2, M3
FECHA DE MUESTREO:	26/01/2025	FECHA DE ENSAYO:	27/01/2025		

CONTENIDO DE HUMEDAD

	M1	M2	M3
PESO TARA (gr)	26.70	26.5	27.4
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA(gr)	220.50	245.7	242.7
PESO MUESTRA SECA + TARA(gr)	202.70	226.8	222.4
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	176.00	200.30	195.00
PESO DE AGUA EN LA MUESTRA(gr)	17.80	18.90	20.30
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	10.11 %	9.44 %	10.41 %
HUMEDAD PROMEDIO(%)	9.99 %		

FOTO M1



FOTO M2



FOTO M3



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA					
ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO				
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL"				
TESISTA:	BACH. ENRIQUE MORALES RABANAL				
ELEMENTO A ENSAYAR:	MUESTRA SUELO	MUESTRA:	1, 2, 3	CÓDIGO:	M1, M2, M3
FECHA DE MUESTREO:	26/01/2025	FECHA DE ENSAYO:	27/01/2025		

PESO ESPECÍFICO

	M1	M2	M3
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	101.70	100	100.2
PESO DE LA FIOLA CON 500 ml AGUA (gr)	660.00	660	660
PESO DE FIOLA CON AGUA Y MUESTRA SECA (gr)	722.00	715.50	721.70
PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³)	2.56	2.25	2.6
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO (gr/cm ³)	2.47		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA					
ENSAYO:	CINTA DE BARRO				
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL"				
TESISTA:	BACH. ENRIQUE MORALES RABANAL				
ELEMENTO A ENSAYAR:	MUESTRA SUELO	MUESTRA:	1, 2, 3	CÓDIGO:	M1, M2, M3
FECHA DE MUESTREO:	26/01/2025	FECHA DE ENSAYO:	27/01/2025		

CINTA DE BARRO

	M1	M2	M3
LONGITUD DE CINTA (cm)	24.5	21	20.5
LONGITUD DE CINTA PROMEDIO (cm)	22		

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA					
ENSAYO:	PRESENCIA DE ARCILLA O RESISTENCIA SECA				
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL"				
TESISTA:	BACH. ENRIQUE MORALES RABANAL				
ELEMENTO A ENSAYAR:	MUESTRA SUELO	MUESTRA:	1, 2, 3	CÓDIGO:	M1, M2, M3
FECHA DE MUESTREO:	26/01/2025	FECHA DE ENSAYO:	27/01/2025		

PRESENCIA DE ARCILLA O RESISTENCIA SECA

	M1	M2	M3
FRACTURA O GRIETA	NO	NO	NO

FOTO M1



FOTO M2

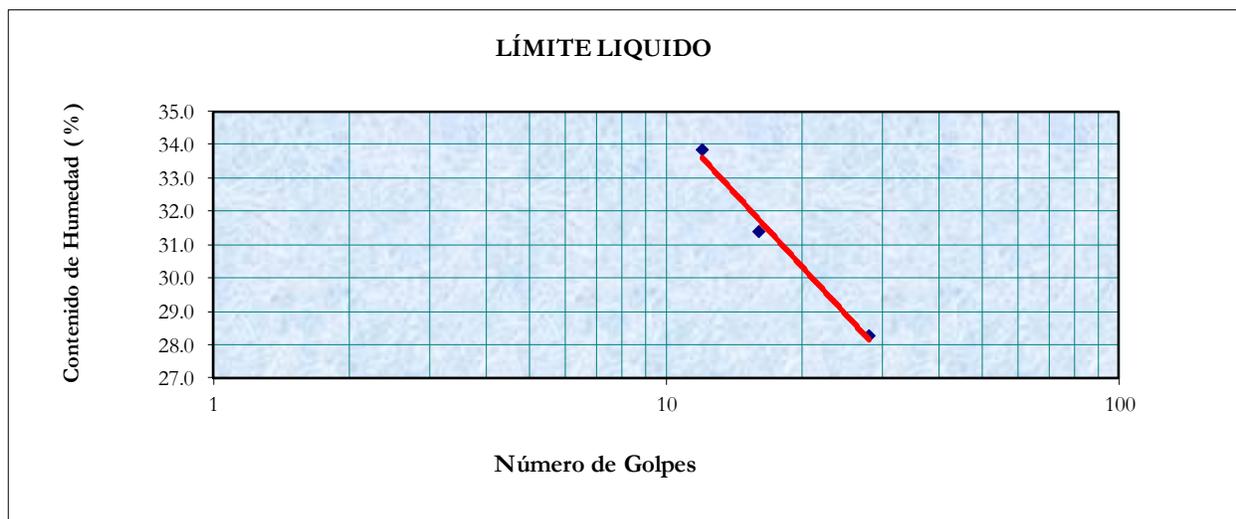


FOTO M3



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA					
ENSAYO:	LÍMITES DE CONSISTENCIA				
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL"				
TESISTA:	BACH. ENRIQUE MORALES RABANAL				
ELEMENTO A ENSAYAR:	MUESTRA SUELO	MUESTRA:	1, 2, 3	CÓDIGO:	M1, M2, M3
FECHA DE MUESTREO:	26/01/2025	FECHA DE ENSAYO:	27/01/2025		

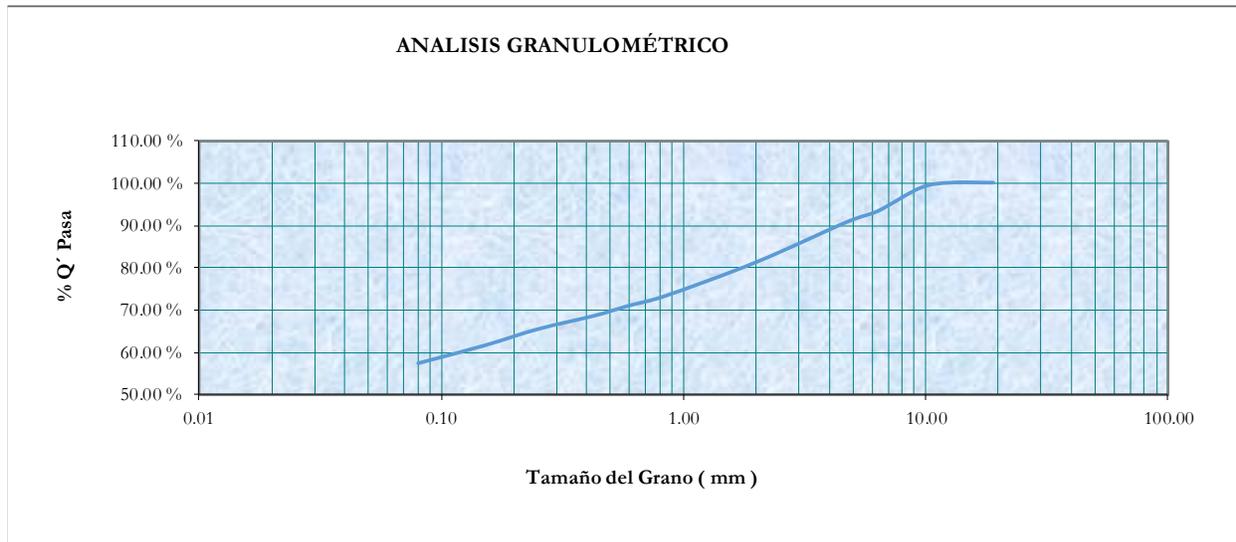
	LÍMITE LÍQUIDO(LL)			LÍMITE PLÁSTICO (LP)		
	M1	M2	M3	M1	M2	
Wt (gr)	28.50	27.5	27.2	27.4	28.3	
Wmh+t (gr)	53.80	40.9	45.8	30.2	31.7	
Wms+ t (gr)	47.40	37.7	41.7	29.7	31.1	
Wms (gr)	18.90	10.20	14.50	2.30	2.80	
Ww (gr)	6.40	3.20	4.10	0.50	0.60	
W %	33.86	31.37	28.28	21.74	21.43	
N° Golpes	12	16	28	-	-	
LÍMITE %	29			22		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7.3					



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA					
ENSAYO:	GRANULOMETRIA				
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL"				
TESISTA:	BACH. ENRIQUE MORALES RABANAL				
ELEMENTO A ENSAYAR:	MUESTRA SUELO	MUESTRA:	1, 2, 3	CÓDIGO:	M1, M2, M3
FECHA DE MUESTREO:	26/01/2025	FECHA DE ENSAYO:	27/01/2025		

GRANULOMETRÍA

TAMIZ		PR (gr)	%PR	% PAR	% PASA
N°	ABERT. (mm)				
3/4 "	19.05	0.00	0	0	100.00 %
1/2"	12.70	0.00	0	0.00	100.00 %
3/8"	9.53	6.00	1.2	1.20	98.80 %
1/4"	6.35	27.30	5.46	6.66	93.34 %
4	4.75	12.60	2.52	9.18	90.82 %
10	2.00	47.30	9.46	18.64	81.36 %
20	0.85	39.30	7.86	26.50	73.50 %
30	0.59	12.20	2.44	28.94	71.06 %
40	0.43	11.40	2.28	31.22	68.78 %
60	0.25	15.90	3.18	34.40	65.60 %
100	0.15	19.30	3.86	38.26	61.74 %
200	0.08	20.80	4.16	42.42	57.58 %
Cazoleta		287.90	57.58	100.00	0.00 %
Total		500.00			



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA					
ENSAYO:	TIPO DE SUELO				
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL"				
TESISTA:	BACH. ENRIQUE MORALES RABANAL				
ELEMENTO A ENSAYAR:	MUESTRA SUELO	MUESTRA:	1, 2, 3	CÓDIGO:	M1, M2, M3
FECHA DE MUESTREO:	26/01/2025	FECHA DE ENSAYO:	27/01/2025		

TIPO DE SUELO

TAMIZ		% PASA
N°	ABERT. (mm)	
3/4 "	19.05	100.00 %
1/2"	12.70	100.00 %
3/8"	9.53	98.80 %
1/4"	6.35	93.34 %
4	4.75	90.82 %
10	2.00	81.36 %
20	0.85	73.50 %
30	0.59	71.06 %
40	0.43	68.78 %
60	0.25	65.60 %
100	0.15	61.74 %
200	0.08	57.58 %
Cazoleta		0.00 %

LL	29 %
LP	22 %
IP	7.3 %

Teniendo en cuenta la clasificación **SUCS**, Para suelos finos, se usa el Índice de Plasticidad (IP) y el Límite Líquido (LL).

- * **Si IP < 4:** Limo inorgánico (ML)
- * **Si 4 ≤ IP ≤ 7:** Zona de transición (puede ser ML o CL)
- * **Si IP > 7:** Arcilla inorgánica (CL)

De los datos obtenidos:

IP = 7.3%: Está justo por encima de 7, lo que sugiere una arcilla de baja plasticidad (CL).

LL = 29%: También es característico de una arcilla de baja plasticidad.

El suelo se clasifica como CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad).

B. Datos de campo para ensayos de resistencia

a. Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a compresión del adobe

con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

Adobe con estopa de coco 0 %

Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	9.75	9.77	95.26	9.79	1.78
2	9.95	9.95	98.94	9.06	1.73
3	9.86	9.95	98.07	8.84	1.67
4	9.93	9.95	98.82	8.68	1.65
5	9.95	9.91	98.61	8.96	1.70
6	9.92	9.96	98.77	9.06	1.71
7	9.96	9.96	99.15	8.62	1.63
8	9.94	9.41	93.50	9.96	1.76
9	9.85	9.87	97.19	9.68	1.79
10	9.94	9.96	99.04	8.51	1.62
11	9.98	9.96	99.37	9.21	1.74
12	9.98	9.91	98.90	8.90	1.68
Σ	119.01	118.54	1175.63	109.28	20.45
Prom.	9.92	9.88	97.97	9.11	1.70

Adobe con estopa de coco 0.4%

Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	9.89	9.78	96.74	9.77	1.66
2	9.77	9.78	95.57	9.97	1.68
3	9.85	9.90	97.51	9.95	1.71
4	9.82	9.79	96.15	9.98	1.70
5	9.77	9.64	94.17	9.94	1.65
6	9.80	9.86	96.56	9.93	1.71
7	9.81	9.67	94.83	8.58	1.64
8	9.78	9.80	95.93	9.96	1.69
9	9.83	9.74	95.73	9.66	1.64
10	9.82	9.83	96.45	9.84	1.66
11	9.84	9.78	96.25	9.92	1.69
12	9.93	9.84	97.73	9.71	1.67
Σ	117.89	117.42	1153.60	117.19	20.10
Prom.	9.82	9.79	96.13	9.77	1.67

Adobe con estopa de coco 0.8 %

Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	9.79	9.80	95.87	9.13	1.67
2	9.70	9.82	95.26	9.96	1.80
3	9.99	9.98	99.64	9.84	1.85
4	9.76	9.75	95.16	9.92	1.78
5	9.79	9.90	96.94	9.74	1.76
6	9.63	9.95	95.76	9.71	1.71
7	9.75	9.95	96.97	9.62	1.73
8	9.81	9.98	97.89	9.73	1.81
9	9.87	9.83	96.96	9.69	1.75
10	9.63	9.59	92.40	9.72	1.68
11	9.77	9.82	95.97	9.51	1.70
12	9.82	9.87	96.93	9.92	1.83
Σ	117.28	118.25	1155.76	116.48	21.06
Prom.	9.77	9.85	96.31	9.71	1.75

Adobe con estopa de coco 1.2%

Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	9.88	9.78	96.68	9.96	1.68
2	9.96	9.95	99.18	9.84	1.69
3	9.83	9.93	97.61	9.40	1.60
4	9.81	9.82	96.40	9.85	1.63
5	9.98	9.87	98.43	9.78	1.67
6	9.86	9.78	96.42	9.96	1.66
7	9.93	9.81	97.44	9.79	1.64
8	9.89	9.80	96.98	9.70	1.61
9	9.73	9.86	96.01	9.97	1.65
10	9.88	9.93	98.08	9.63	1.67
11	9.98	9.82	98.00	9.98	1.70
12	9.80	9.77	95.66	9.82	1.61
Σ	118.54	118.13	1166.89	117.66	19.80
Prom.	9.88	9.84	97.24	9.81	1.65

b. Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a tracción del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

Adobe con estopa de coco 0 %

Nº	D1 inf. (cm)	D2 sup. (cm)	D prom (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h prom (cm)	Peso (kg)
1	14.29	14.55	14.42	27.85	28.00	27.93	8.95
2	14.40	14.69	14.55	27.90	27.95	27.93	9.02
3	14.35	14.56	14.46	28.20	28.10	28.15	9.00
4	14.33	14.46	14.40	28.15	28.23	28.19	8.97
5	14.58	14.53	14.55	28.00	28.30	28.15	9.06
6	14.41	14.58	14.50	28.20	28.15	28.18	9.04
Σ	86.36	87.38	86.87	168.30	168.73	168.52	54.03
Prom.	14.39	14.56	14.48	28.05	28.12	28.09	9.01

Adobe con estopa de coco 0.4%

Nº	D1 inf. (cm)	D2 sup. (cm)	D prom (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h prom (cm)	Peso (kg)
1	14.45	14.54	14.49	28.10	27.50	27.80	8.43
2	14.38	14.66	14.52	28.31	28.00	28.16	8.52
3	14.44	14.58	14.51	27.80	27.50	27.65	8.29
4	14.32	14.64	14.48	27.75	27.80	27.78	8.38
5	14.43	14.74	14.58	27.75	27.80	27.78	8.47
6	14.47	14.51	14.49	27.80	27.65	27.73	8.33
Σ	86.49	87.67	87.08	167.51	166.25	166.88	50.42
Prom.	14.41	14.61	14.51	27.92	27.71	27.81	8.40

Adobe con estopa de coco 0.8 %

Nº	D1 inf. (cm)	D2 sup. (cm)	D prom (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h prom (cm)	Peso (kg)
1	14.71	14.85	14.78	27.80	28.00	27.90	8.66
2	14.49	14.81	14.65	28.70	28.20	28.45	8.79
3	14.53	14.79	14.66	28.15	28.00	28.08	8.52
4	14.50	14.65	14.57	27.60	27.70	27.65	8.24
5	14.38	14.64	14.51	28.00	28.05	28.03	8.38
6	14.40	14.58	14.49	27.70	27.80	27.75	8.11
Σ	87.01	88.31	87.66	167.95	167.75	167.85	50.70
Prom.	14.50	14.72	14.61	27.99	27.96	27.98	8.45

Adobe con estopa de coco 1.2 %

Nº	D1 inf. (cm)	D2 sup. (cm)	D prom (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h prom (cm)	Peso (kg)
1	14.35	14.65	14.50	28.25	28.35	28.30	8.68
2	14.31	14.71	14.51	28.30	28.50	28.40	8.82
3	14.31	14.62	14.46	28.00	28.30	28.15	8.48
4	14.36	14.62	14.49	28.15	28.40	28.28	8.62
5	14.36	14.60	14.48	28.25	28.40	28.33	8.55
6	14.37	14.62	14.49	28.50	28.30	28.40	8.75
Σ	86.06	87.82	86.94	169.45	170.25	169.85	51.90
Prom.	14.34	14.64	14.49	28.24	28.38	28.31	8.65

- c. Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a flexión del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

Adobe con estopa de Coco 0 %

Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	38.75	19.43	8.63	13.40
2	38.05	19.10	9.70	14.15
3	37.78	19.23	9.88	14.52
4	39.05	19.68	9.05	13.78
5	39.00	19.70	8.40	12.65
6	39.05	19.80	8.35	13.03
Σ	231.68	116.93	54.00	81.53
Prom.	38.61	19.49	9.00	13.59

Adobe con estopa de coco 0.4 %

Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	38.70	19.45	9.20	13.06
2	38.60	19.40	9.05	12.95
3	38.58	19.38	9.10	13.00
4	38.85	19.35	8.90	12.84
5	38.68	19.78	8.75	12.89
6	38.65	19.25	8.93	12.79
Σ	232.05	116.60	53.93	77.53
Prom.	38.68	19.43	8.99	12.92

Adobe con estopa de coco 0.8 %

N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	38.55	19.40	9.75	12.79
2	38.75	19.55	9.35	12.60
3	38.73	19.30	9.80	13.09
4	38.55	19.65	9.65	12.89
5	38.75	19.55	9.65	12.99
6	38.90	19.40	9.40	12.69
Σ	232.23	116.85	57.60	77.05
Prom.	38.70	19.48	9.60	12.84

Adobe con estopa de coco 1.20 %

N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	38.55	19.55	9.60	12.42
2	38.80	19.55	9.85	12.71
3	39.00	19.55	9.55	12.49
4	38.85	19.80	9.55	12.56
5	38.93	19.43	9.55	12.35
6	38.70	19.55	9.83	12.63
Σ	232.83	117.43	57.93	75.15
Prom.	38.80	19.57	9.65	12.53

- a. Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a la tracción de mortero entre adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

Adobe con estopa de Coco 0 %

N°	a1 (cm)	a2 (cm)	a prom (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b prom (cm)
1	14.00	13.60	13.80	28.30	28.00	28.15
2	14.15	14.10	14.13	28.20	28.10	28.15
3	14.60	14.50	14.55	29.00	28.90	28.95
4	14.30	13.90	14.10	28.35	28.25	28.30
5	14.50	13.90	14.20	28.20	28.20	28.20
6	14.00	14.15	14.08	28.90	28.70	28.80
Σ	85.55	84.15	84.85	170.95	170.15	170.55
Prom.	14.26	14.03	14.14	28.49	28.36	28.43

Adobe con estopa de Coco 0.4 %

N°	a1 (cm)	a2 (cm)	a prom (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b prom (cm)
1	13.70	13.50	13.60	28.50	28.40	28.45
2	14.50	14.10	14.30	28.35	28.20	28.28
3	14.30	14.30	14.30	28.30	28.60	28.45
4	14.50	14.10	14.30	28.50	28.25	28.38
5	13.90	13.50	13.70	28.90	28.40	28.65
6	14.40	14.00	14.20	28.50	28.60	28.55
Σ	85.30	83.50	84.40	171.05	170.45	170.75
Prom.	14.22	13.92	14.07	28.51	28.41	28.46

Adobe con estopa de Coco 0.8 %

N°	a1 (cm)	a2 (cm)	a prom (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b prom (cm)
1	14.50	14.50	14.50	28.60	28.50	28.55
2	14.20	14.30	14.25	28.25	28.70	28.48
3	14.00	13.50	13.75	28.70	28.50	28.60
4	14.15	14.50	14.33	28.30	28.50	28.40
5	14.60	14.40	14.50	28.40	29.00	28.70
6	14.40	13.90	14.15	28.50	28.30	28.40
Σ	85.85	85.10	85.48	170.75	171.50	171.13
Prom.	14.31	14.18	14.25	28.46	28.58	28.52

Adobe con estopa de Coco 1.2 %

N°	a1 (cm)	a2 (cm)	a prom (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b prom (cm)
1	14.30	14.60	14.45	29.05	28.90	28.98
2	14.60	14.30	14.45	28.70	29.00	28.85
3	14.40	14.50	14.45	29.20	28.80	29.00
4	14.70	14.30	14.50	28.80	28.90	28.85
5	14.70	14.20	14.45	28.70	28.85	28.78
6	14.60	14.20	14.40	28.75	28.10	28.43
Σ	87.30	86.10	86.70	173.20	172.55	172.88
Prom.	14.55	14.35	14.45	28.87	28.76	28.81

b. Datos de campo para hallar la resistencia mecánica a compresión del murete de adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

Adobe con estopa de Coco 0 %

Norma
E.080

Nº	a1 (cm)	a2 (cm)	a prom (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b prom (cm)	h (cm)	h / a	h / a prom
1	14.45	14.45	14.45	28.60	28.50	28.55	44.70	3.00	3.09
2	14.20	14.75	14.48	28.95	29.40	29.18	44.40	3.00	3.07
3	14.53	14.65	14.59	28.78	29.05	28.91	44.00	3.00	3.02
4	14.23	14.95	14.59	28.43	29.05	28.74	44.30	3.00	3.04
5	14.33	14.90	14.61	28.00	28.65	28.33	44.20	3.00	3.02
6	14.35	15.15	14.75	28.30	29.05	28.68	44.30	3.00	3.00
Σ	86.08	88.85	87.46	171.05	173.70	172.38	265.90	18.00	3.04
Prom.	14.35	14.81	14.58	28.51	28.95	28.73	44.32	3.00	3.04

Adobe con estopa de Coco 0.4 %

Norma
E.080

Nº	a1 (cm)	a2 (cm)	a prom (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b prom (cm)	h (cm)	h / a	h / a prom
1	14.38	15.00	14.69	28.45	28.35	28.40	44.70	3.00	3.04
2	14.15	14.70	14.43	28.33	28.80	28.56	44.20	3.00	3.06
3	14.40	14.45	14.43	28.30	29.00	28.65	44.60	3.00	3.09
4	14.25	14.70	14.48	28.70	28.80	28.75	44.80	3.00	3.09
5	14.30	14.75	14.53	28.10	28.75	28.43	44.30	3.00	3.05
6	14.35	14.60	14.48	28.60	28.90	28.75	44.30	3.00	3.06
Σ	85.83	88.20	87.01	170.48	172.60	171.54	266.90	18.00	18.40
Prom.	14.30	14.70	14.50	28.41	28.77	28.59	44.48	3.00	3.07

Adobe con estopa de Coco 0.8 %

Norma
E.080

Nº	a1 (cm)	a2 (cm)	a prom (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b prom (cm)	h (cm)	h / a	h / a prom
1	14.50	14.75	14.63	28.70	28.90	28.80	44.30	3.00	3.03
2	14.30	14.55	14.43	28.55	28.95	28.75	44.60	3.00	3.09
3	14.50	14.45	14.48	28.90	28.70	28.80	44.80	3.00	3.09
4	14.25	14.65	14.45	28.80	29.00	28.90	44.10	3.00	3.05
5	14.48	14.30	14.39	28.40	28.55	28.48	44.50	3.00	3.09
6	14.50	14.80	14.65	28.90	29.00	28.95	44.90	3.00	3.06
Σ	86.53	87.50	87.01	172.25	173.10	172.68	267.20	18.00	18.43
Prom.	14.42	14.58	14.50	28.71	28.85	28.78	44.53	3.00	3.07

Adobe con estopa de Coco 1.2 %

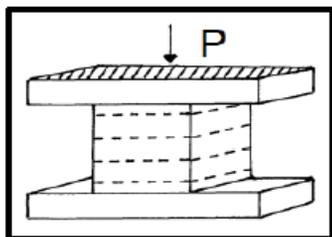
Norma
E.080

N°	a1 (cm)	a2 (cm)	a prom (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b prom (cm)	h (cm)	h / a	h / a prom
1	14.45	14.75	14.60	28.75	28.95	28.85	44.70	3.00	3.06
2	14.45	14.55	14.50	28.70	28.85	28.78	44.80	3.00	3.09
3	14.55	14.70	14.63	28.45	28.70	28.58	44.20	3.00	3.02
4	14.38	14.50	14.44	29.00	29.00	29.00	44.20	3.00	3.06
5	14.50	15.10	14.80	28.80	29.00	28.90	44.50	3.00	3.01
6	14.45	14.85	14.65	28.85	28.75	28.80	44.70	3.00	3.05
Σ	86.78	88.45	87.61	172.55	173.25	172.90	267.10	18.00	18.29
Prom.	14.46	14.74	14.60	28.76	28.88	28.82	44.52	3.00	3.05

C. Resumen de datos y resultados obtenidos en los ensayos

a. Resultados de Resistencia a la compresión del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

N°	Lectura Máquina (kg-f)				Área (cm ²)				Esfuerzo (kg/cm ²)			
	0%	0.40%	0.80%	1.20%	0%	0.40%	0.80%	1.20%	0%	0.40%	0.80%	1.20%
1	1162.48	1223.66	1420.46	1008.50	95.26	96.74	95.87	96.68	12.20	12.65	14.82	10.43
2	1140.04	1229.78	1059.49	949.36	98.94	95.57	95.26	99.18	11.52	12.87	11.12	9.57
3	1186.95	1247.11	1278.72	1117.61	98.07	97.51	99.64	97.61	12.10	12.79	12.83	11.45
4	1159.42	1124.75	1329.71	1022.78	98.82	96.15	95.16	96.40	11.73	11.70	13.97	10.61
5	1125.77	1270.57	1349.08	1078.86	98.61	94.17	96.94	98.43	11.42	13.49	13.92	10.96
6	1142.08	1081.92	1311.36	1009.52	98.77	96.56	95.76	96.42	11.56	11.20	13.69	10.47
7	1204.28	1218.56	1309.32	1076.82	99.15	94.83	96.97	97.44	12.15	12.85	13.50	11.05
8	1169.61	1186.95	1397.01	1086.00	93.50	95.93	97.89	96.98	12.51	12.37	14.27	11.20
9	1145.14	1297.08	1407.21	998.30	97.19	95.73	96.96	96.01	11.78	13.55	14.51	10.40
10	1157.38	1127.81	1304.22	989.12	99.04	96.45	92.40	98.08	11.69	11.69	14.11	10.08
11	1139.02	1065.60	1133.92	1067.64	99.37	96.25	95.97	98.00	11.46	11.07	11.82	10.89
12	1125.77	1284.84	1359.28	1117.61	98.90	97.73	96.93	95.66	11.38	13.15	14.02	11.68
Σ	13857.94	14358.62	15659.78	12522.12	1175.63	1153.60	1155.76	1166.89	141.51	149.39	162.60	128.80
Prom.	1154.83	1196.55	1304.98	1043.51	97.97	96.13	96.31	97.24	11.97	12.96	14.17	11.04



Ensayo de Compresión (NTE. 080-217)

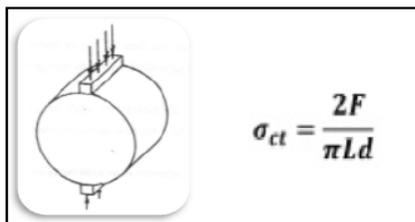
NOTAS

Norma E.080 - 2017 fo: 10.20 kg-f/cm².

% Estopa de coco es con respecto al peso seco de suelo

b. Resultados de resistencia a la tracción del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

N°	Lectura Máquina (kg-f)				Medidas (cm)								Esfuerzo (kg/cm2)			
	0%	0.40%	0.80%	1.20%	0%		0.40%		0.80%		1.20%		0%	0.40%	0.80%	1.20%
					D prom (cm)	h prom (cm)	D prom (cm)	h prom (cm)	D prom (cm)	h prom (cm)	D prom (cm)	h prom (cm)				
1	1384.77	1168.59	970.77	831.07	14.42	27.93	14.49	27.80	14.78	27.90	14.50	28.30	2.19	1.85	1.50	1.29
2	1077.84	1003.40	1213.46	928.96	14.55	27.93	14.52	28.16	14.65	28.45	14.51	28.40	1.69	1.56	1.85	1.44
3	946.30	1195.11	1201.23	1176.75	14.46	28.15	14.51	27.65	14.66	28.08	14.46	28.15	1.48	1.90	1.86	1.84
4	1020.74	1089.06	1304.22	1059.49	14.40	28.19	14.48	27.78	14.57	27.65	14.49	28.28	1.60	1.72	2.06	1.65
5	1054.39	1187.97	1248.13	1312.37	14.55	28.15	14.58	27.78	14.51	28.03	14.48	28.33	1.64	1.87	1.95	2.04
6	1095.18	951.40	1045.21	920.80	14.50	28.18	14.49	27.73	14.49	27.75	14.49	28.40	1.71	1.51	1.65	1.42
Σ	6579.21	6595.52	6983.02	6229.45	86.87	168.52	87.08	166.88	87.66	167.85	86.94	169.85	10.31	10.40	10.88	9.67
Prom.	1096.53	1099.25	1163.84	1038.24	14.48	28.09	14.51	27.81	14.61	27.98	14.49	28.31	1.81	1.83	1.93	1.74



Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta (NTE . 080-217)

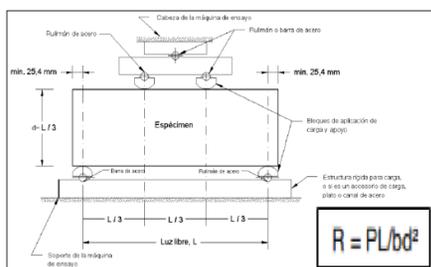
NOTAS

Norma E.080 - 2017 Resistencia última: 0.81 kg-f/cm2.

% Estopa de coco es con respecto al peso seco de suelo

c. Resultados de resistencia a flexión del adobe con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

N°	Lectura Máquina (kg-f)				Medidas (cm)												Esfuerzo (kg/cm2)			
	0%	0.40%	0.80%	1.20%	0%			0.40%			0.80%			1.20%			0%	0.40%	0.80%	1.20%
					Luz libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)				
1	122.37	204.96	241.67	345.68	30.00	19.43	8.63	30.00	19.45	9.20	30.00	19.40	9.75	30.00	19.55	9.60	2.54	3.74	3.93	5.76
2	164.17	210.06	267.17	252.89	30.00	19.10	9.70	30.00	19.40	9.05	30.00	19.55	9.35	30.00	19.55	9.85	2.74	3.97	4.69	4.00
3	210.06	223.32	376.28	440.52	30.00	19.23	9.88	30.00	19.38	9.10	30.00	19.30	9.80	30.00	19.55	9.55	3.36	4.18	6.09	7.41
4	143.78	214.14	294.70	279.40	30.00	19.68	9.05	30.00	19.35	8.90	30.00	19.65	9.65	30.00	19.80	9.55	2.68	4.19	4.83	4.64
5	166.21	209.04	239.63	270.22	30.00	19.70	8.40	30.00	19.78	8.75	30.00	19.55	9.65	30.00	19.43	9.55	3.59	4.14	3.95	4.58
6	201.90	212.10	254.93	238.61	30.00	19.80	8.35	30.00	19.25	8.93	30.00	19.40	9.40	30.00	19.55	9.83	4.39	4.15	4.46	3.79
Σ	1008.50	1273.63	1674.37	1827.33	180.00	116.93	54.00	180.00	116.60	53.93	180.00	116.85	57.60	180.00	117.43	57.93	19.29	24.36	27.95	30.18
Prom.	168.08	212.27	279.06	304.56	30.00	19.49	9.00	30.00	19.43	8.99	30.00	19.48	9.60	30.00	19.57	9.65	3.52	4.16	5.02	5.60



Ensayo de Resistencia a la Flexion (Adaptado de la NTE INEN 2554)

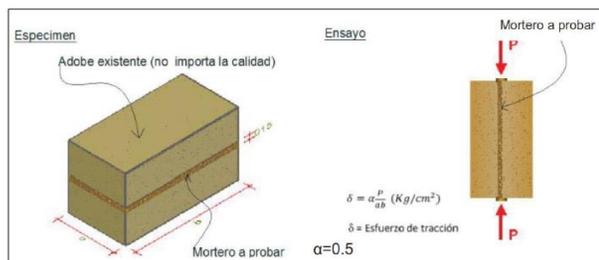
NOTAS

Adaptación de la norma NTE INEN 2554 en adobe

% Estopa de coco es con respecto al peso seco de suelo

d. Resultados de resistencia a tracción del mortero entre adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

N°	Lectura Máquina (kg-f)				Medidas (cm)								Esfuerzo (kg/cm ²)			
	0%	0.40%	0.80%	1.20%	0%		0.40%		0.80%		1.20%		0%	0.40%	0.80%	1.20%
					a prom (cm)	b prom (cm)	a prom (cm)	b prom (cm)	a prom (cm)	b prom (cm)	a prom (cm)	b prom (cm)				
1	-	-	153.40	120.60	13.80	28.15	13.60	28.45	14.50	28.55	14.45	28.98	-	-	0.185	0.144
2	125.43	-	115.90	126.30	14.13	28.15	14.30	28.28	14.25	28.48	14.45	28.85	0.158	-	0.143	0.151
3	-	-	112.60	122.50	14.55	28.95	14.30	28.45	13.75	28.60	14.45	29.00	-	-	0.143	0.146
4	-	-	116.30	135.80	14.10	28.30	14.30	28.38	14.33	28.40	14.50	28.85	-	-	0.143	0.162
5	-	101.60	111.30	133.40	14.20	28.20	13.70	28.65	14.50	28.70	14.45	28.78	-	0.129	0.134	0.160
6	-	137.60	124.70	128.40	14.08	28.80	14.20	28.55	14.15	28.40	14.40	28.43	-	0.170	0.155	0.157
Σ	125.43	239.20	734.20	767.00	84.85	170.55	84.40	170.75	85.48	171.13	86.70	172.88	0.158	0.299	0.903	0.921
Prom.	125.43	119.60	122.37	127.83	14.14	28.43	14.07	28.46	14.25	28.52	14.45	28.81	0.158	0.150	0.157	0.158



Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta (NTE . 080-217)

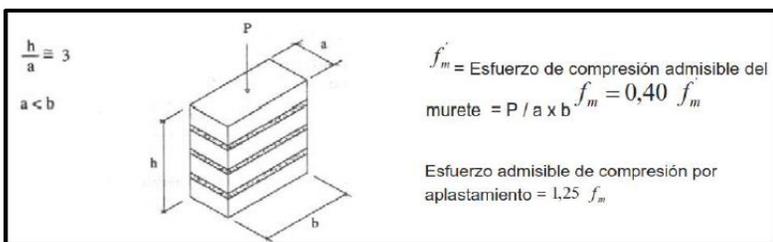
NOTAS

Norma E.080 - 2017 Esfuerzo: 0.12 kg-f/cm²

% Estopa de coco es con respecto al peso seco de suelo

e. Resultados de resistencia a compresión del murete de adobes con 0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 % de estopa de coco.

N°	Lectura Máquina (kg-f)				Área (cm2)				Esfuerzo (kg/cm2)			
	0%	0.40%	0.80%	1.20%	0%	0.40%	0.80%	1.20%	0%	0.40%	0.80%	1.20%
1	3160.00	3180.00	3600.00	2920.00	412.55	417.13	421.20	421.21	7.66	7.62	8.55	6.93
2	3220.00	3360.00	3500.00	3040.00	422.31	412.01	414.72	417.24	7.62	8.16	8.44	7.29
3	3680.00	3900.00	3680.00	3100.00	421.76	413.28	416.88	417.91	8.73	9.44	8.83	7.42
4	3100.00	3300.00	4000.00	2960.00	419.21	416.16	417.61	418.69	7.39	7.93	9.58	7.07
5	3360.00	3700.00	3440.00	3280.00	413.90	412.87	409.68	427.72	8.12	8.96	8.40	7.67
6	3460.00	3600.00	4060.00	3200.00	422.96	416.16	424.12	421.92	8.18	8.65	9.57	7.58
Σ	19980.00	21040.00	22280.00	18500.00	2512.68	2487.60	2504.21	2524.68	47.70	50.76	53.36	43.96
Prom.	3330.00	3506.67	3713.33	3083.33	418.78	414.60	417.37	420.78	8.17	8.80	9.13	7.49



Ensayo de Compresión de Murete (NTE . 080-2017)

NOTAS

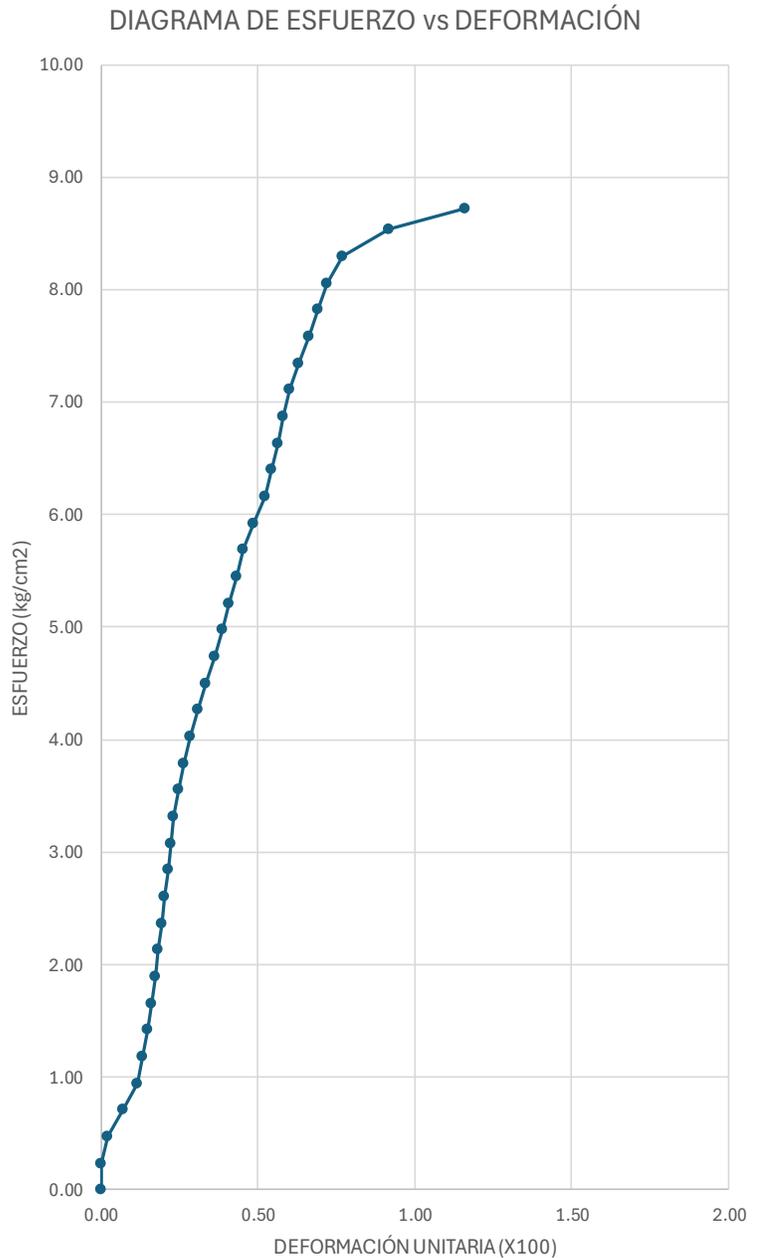
Norma E.080 - 2017 f_m : 6.12 kg-f/cm².

% Estopa de coco es con respecto al peso seco de suelo

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

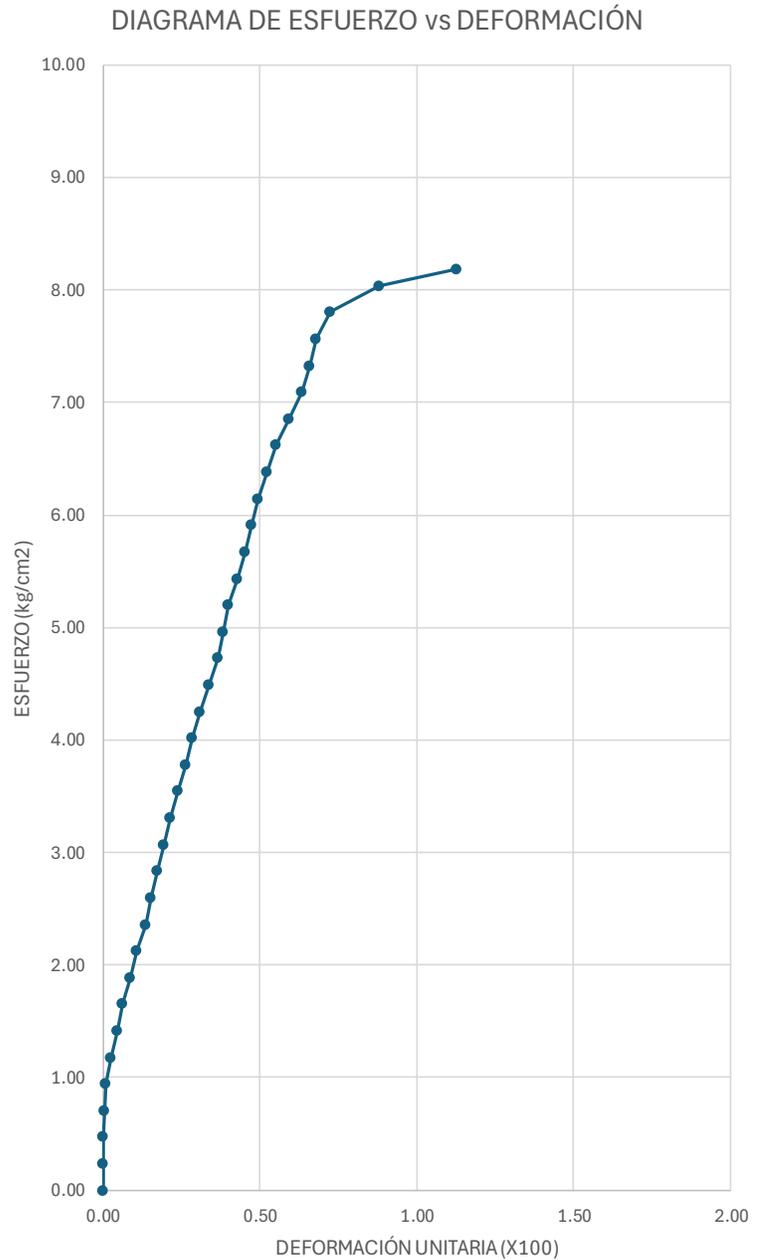
TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.91
PROBETA	A3	ANCHO (cm):	14.59
% DE ESTOPA DE COCO	0	ÁREA (cm²):	421.76
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.00
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	8.73

CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.10	0.02	0.47
300	0.31	0.07	0.71
400	0.52	0.12	0.95
500	0.59	0.13	1.19
600	0.66	0.15	1.42
700	0.71	0.16	1.66
800	0.77	0.18	1.90
900	0.81	0.18	2.13
1000	0.85	0.19	2.37
1100	0.89	0.20	2.61
1200	0.94	0.21	2.85
1300	0.98	0.22	3.08
1400	1.02	0.23	3.32
1500	1.09	0.25	3.56
1600	1.16	0.26	3.79
1700	1.26	0.29	4.03
1800	1.37	0.31	4.27
1900	1.48	0.34	4.50
2000	1.60	0.36	4.74
2100	1.70	0.39	4.98
2200	1.80	0.41	5.22
2300	1.90	0.43	5.45
2400	2.00	0.45	5.69
2500	2.15	0.49	5.93
2600	2.30	0.52	6.16
2700	2.39	0.54	6.40
2800	2.48	0.56	6.64
2900	2.56	0.58	6.88
3000	2.65	0.60	7.11
3100	2.78	0.63	7.35
3200	2.92	0.66	7.59
3300	3.04	0.69	7.82
3400	3.17	0.72	8.06
3500	3.39	0.77	8.30
3600	4.05	0.92	8.54
3680	5.10	1.16	8.73



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN				
TESISTA:	Enrique Morales Rabanal		LARGO (cm):	28.68
PROBETA	A6		ANCHO (cm):	14.75
% DE ESTOPA DE COCO	0		ÁREA (cm ²):	422.96
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025		ALTURA (cm)	44.30
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)		f'_m (kg/cm ²)	8.18

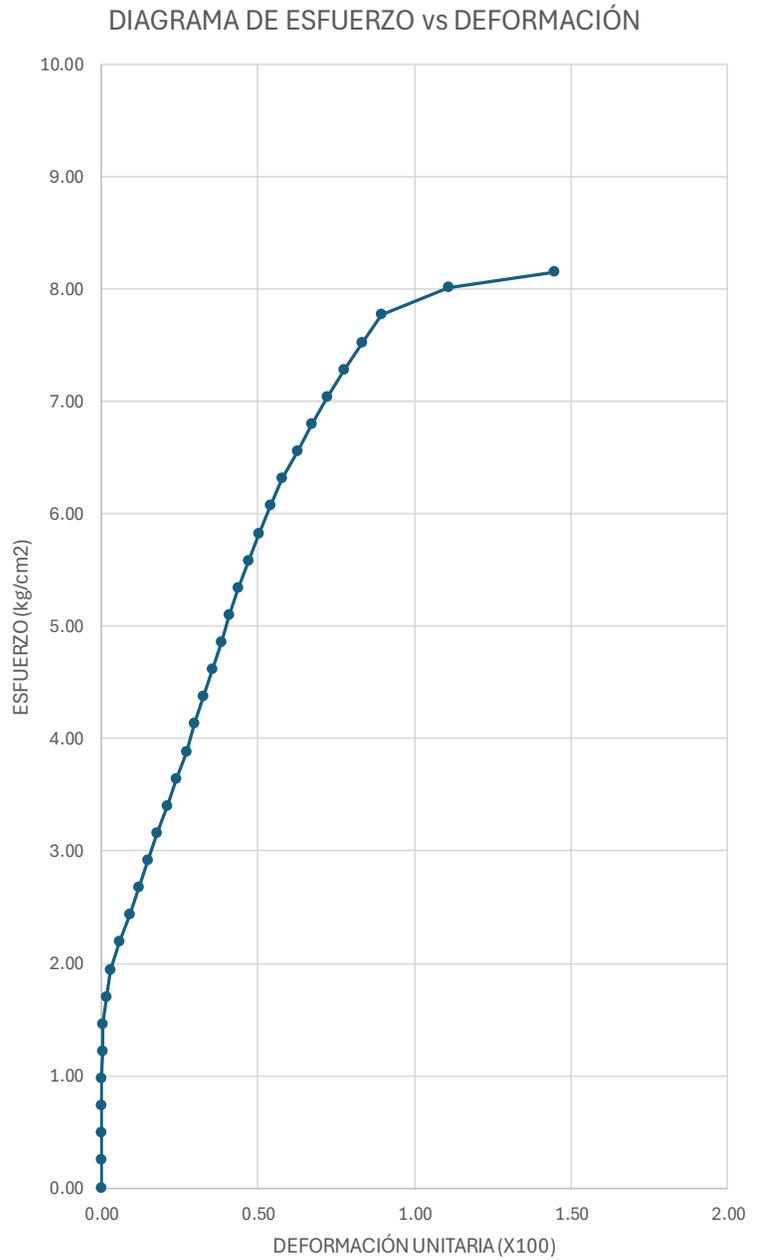
CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.47
300	0.02	0.00	0.71
400	0.04	0.01	0.95
500	0.12	0.03	1.18
600	0.20	0.05	1.42
700	0.29	0.07	1.66
800	0.39	0.09	1.89
900	0.49	0.11	2.13
1000	0.60	0.14	2.36
1100	0.69	0.16	2.60
1200	0.78	0.18	2.84
1300	0.87	0.20	3.07
1400	0.96	0.22	3.31
1500	1.06	0.24	3.55
1600	1.17	0.26	3.78
1700	1.27	0.29	4.02
1800	1.38	0.31	4.26
1900	1.50	0.34	4.49
2000	1.63	0.37	4.73
2100	1.70	0.38	4.97
2200	1.78	0.40	5.20
2300	1.90	0.43	5.44
2400	2.02	0.46	5.67
2500	2.11	0.48	5.91
2600	2.20	0.50	6.15
2700	2.32	0.52	6.38
2800	2.44	0.55	6.62
2900	2.63	0.59	6.86
3000	2.82	0.64	7.09
3100	2.92	0.66	7.33
3200	3.02	0.68	7.57
3300	3.21	0.72	7.80
3400	3.90	0.88	8.04
3460	5.00	1.13	8.18



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.56
PROBETA	B2	ANCHO (cm):	14.43
% DE ESTOPA DE COCO	0.4	ÁREA (cm²):	412.01
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.20
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	8.16

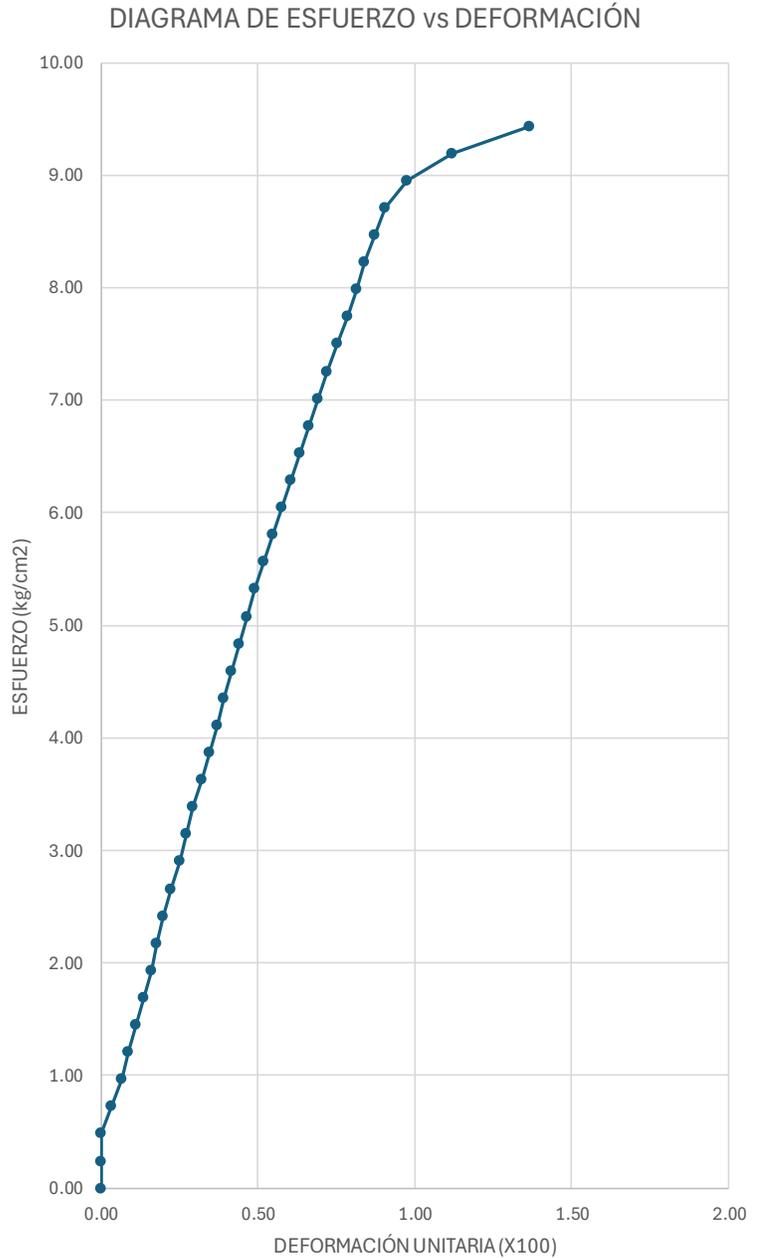
CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.49
300	0.00	0.00	0.73
400	0.00	0.00	0.97
500	0.01	0.00	1.21
600	0.02	0.00	1.46
700	0.07	0.02	1.70
800	0.12	0.03	1.94
900	0.26	0.06	2.18
1000	0.40	0.09	2.43
1100	0.52	0.12	2.67
1200	0.65	0.15	2.91
1300	0.79	0.18	3.16
1400	0.93	0.21	3.40
1500	1.06	0.24	3.64
1600	1.20	0.27	3.88
1700	1.31	0.30	4.13
1800	1.43	0.32	4.37
1900	1.56	0.35	4.61
2000	1.70	0.38	4.85
2100	1.81	0.41	5.10
2200	1.93	0.44	5.34
2300	2.08	0.47	5.58
2400	2.23	0.50	5.83
2500	2.39	0.54	6.07
2600	2.55	0.58	6.31
2700	2.76	0.62	6.55
2800	2.97	0.67	6.80
2900	3.19	0.72	7.04
3000	3.42	0.77	7.28
3100	3.68	0.83	7.52
3200	3.95	0.89	7.77
3300	4.90	1.11	8.01
3360	6.40	1.45	8.16



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.65
PROBETA	B3	ANCHO (cm):	14.43
% DE ESTOPA DE COCO	0.4	ÁREA (cm²):	413.28
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.60
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	9.44

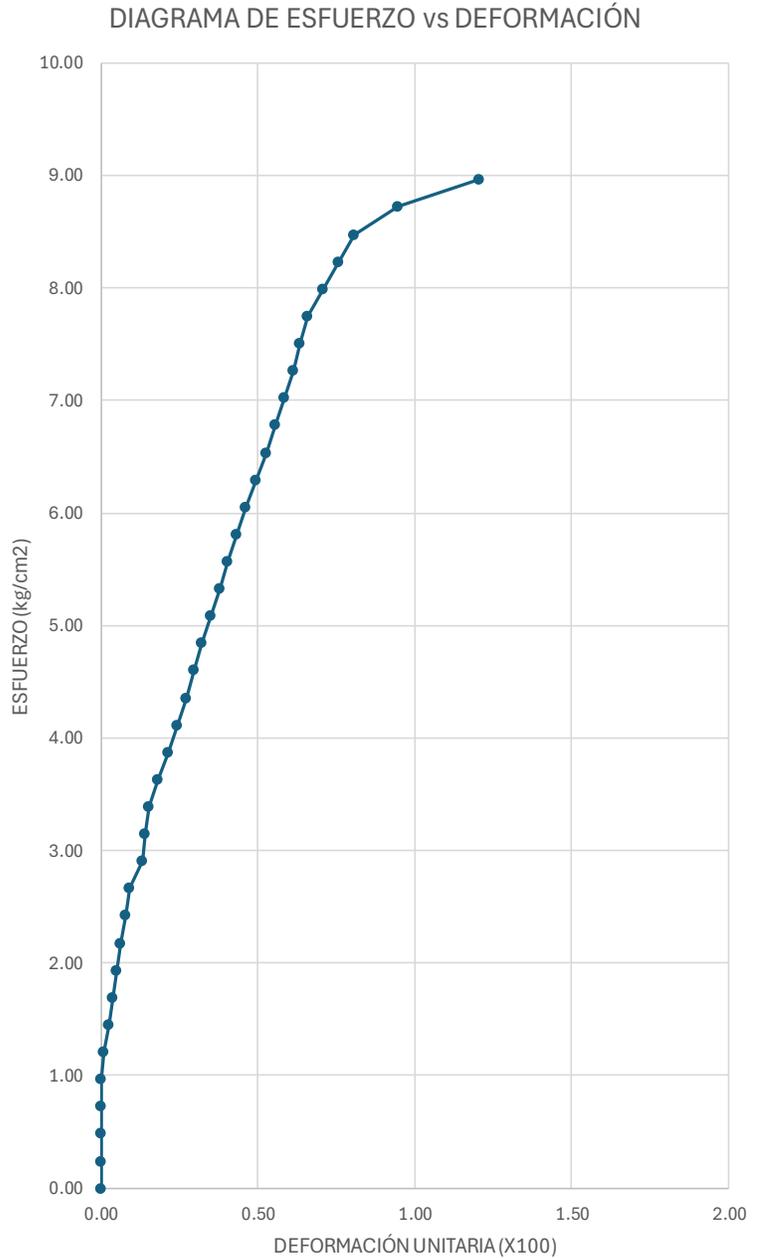
CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.48
300	0.15	0.03	0.73
400	0.30	0.07	0.97
500	0.40	0.09	1.21
600	0.50	0.11	1.45
700	0.61	0.14	1.69
800	0.72	0.16	1.94
900	0.80	0.18	2.18
1000	0.89	0.20	2.42
1100	1.00	0.22	2.66
1200	1.12	0.25	2.90
1300	1.21	0.27	3.15
1400	1.31	0.29	3.39
1500	1.43	0.32	3.63
1600	1.55	0.35	3.87
1700	1.65	0.37	4.11
1800	1.75	0.39	4.36
1900	1.86	0.42	4.60
2000	1.97	0.44	4.84
2100	2.08	0.47	5.08
2200	2.19	0.49	5.32
2300	2.31	0.52	5.57
2400	2.44	0.55	5.81
2500	2.57	0.58	6.05
2600	2.71	0.61	6.29
2700	2.83	0.63	6.53
2800	2.96	0.66	6.78
2900	3.09	0.69	7.02
3000	3.22	0.72	7.26
3100	3.36	0.75	7.50
3200	3.51	0.79	7.74
3300	3.63	0.81	7.98
3400	3.75	0.84	8.23
3500	3.90	0.87	8.47
3600	4.05	0.91	8.71
3700	4.36	0.98	8.95
3800	5.00	1.12	9.19
3900	6.10	1.37	9.44



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.43
PROBETA	B5	ANCHO (cm):	14.53
% DE ESTOPA DE COCO	0.4	ÁREA (cm²):	412.87
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.30
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	8.96

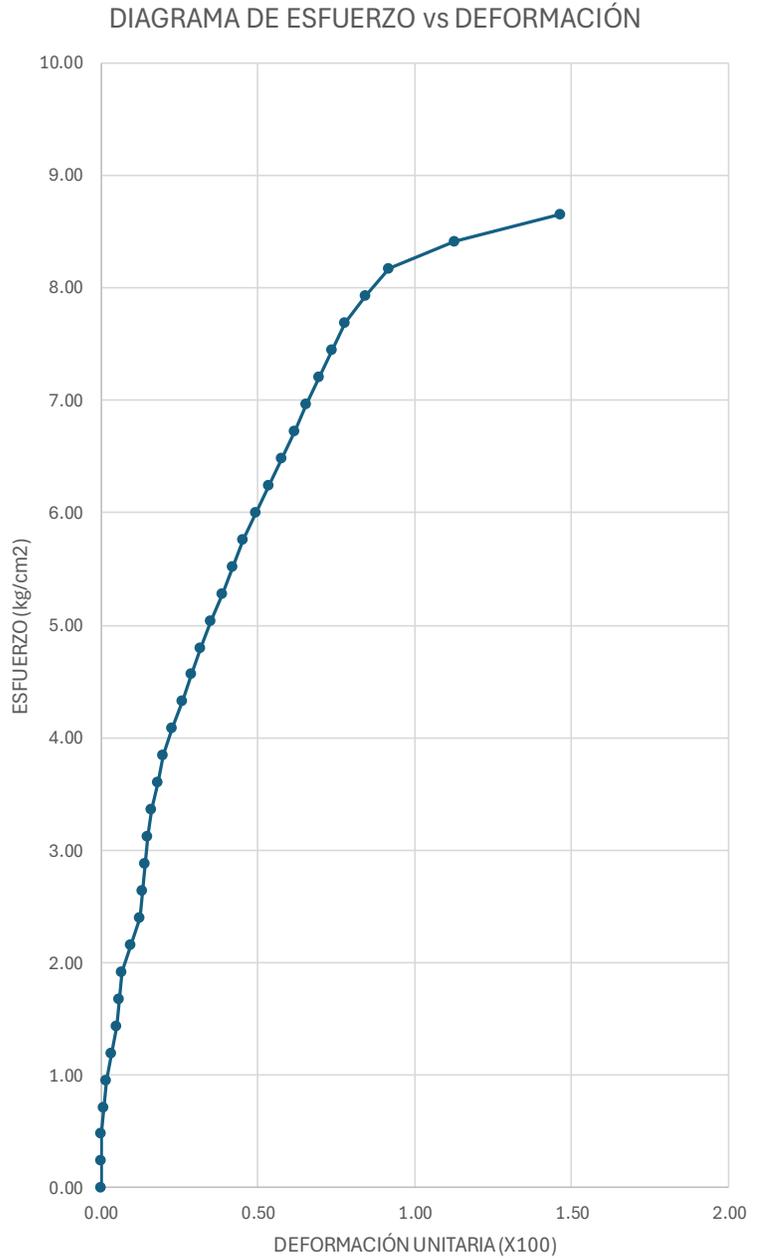
CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.48
300	0.00	0.00	0.73
400	0.00	0.00	0.97
500	0.05	0.01	1.21
600	0.11	0.02	1.45
700	0.17	0.04	1.70
800	0.23	0.05	1.94
900	0.29	0.07	2.18
1000	0.35	0.08	2.42
1100	0.41	0.09	2.66
1200	0.59	0.13	2.91
1300	0.63	0.14	3.15
1400	0.68	0.15	3.39
1500	0.81	0.18	3.63
1600	0.95	0.21	3.88
1700	1.08	0.24	4.12
1800	1.21	0.27	4.36
1900	1.32	0.30	4.60
2000	1.43	0.32	4.84
2100	1.55	0.35	5.09
2200	1.68	0.38	5.33
2300	1.80	0.41	5.57
2400	1.92	0.43	5.81
2500	2.05	0.46	6.06
2600	2.19	0.49	6.30
2700	2.33	0.53	6.54
2800	2.47	0.56	6.78
2900	2.59	0.58	7.02
3000	2.72	0.61	7.27
3100	2.82	0.64	7.51
3200	2.93	0.66	7.75
3300	3.14	0.71	7.99
3400	3.35	0.76	8.23
3500	3.58	0.81	8.48
3600	4.20	0.95	8.72
3700	5.35	1.21	8.96



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.75
PROBETA	B6	ANCHO (cm):	14.48
% DE ESTOPA DE COCO	0.4	ÁREA (cm²):	416.16
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.30
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	8.41

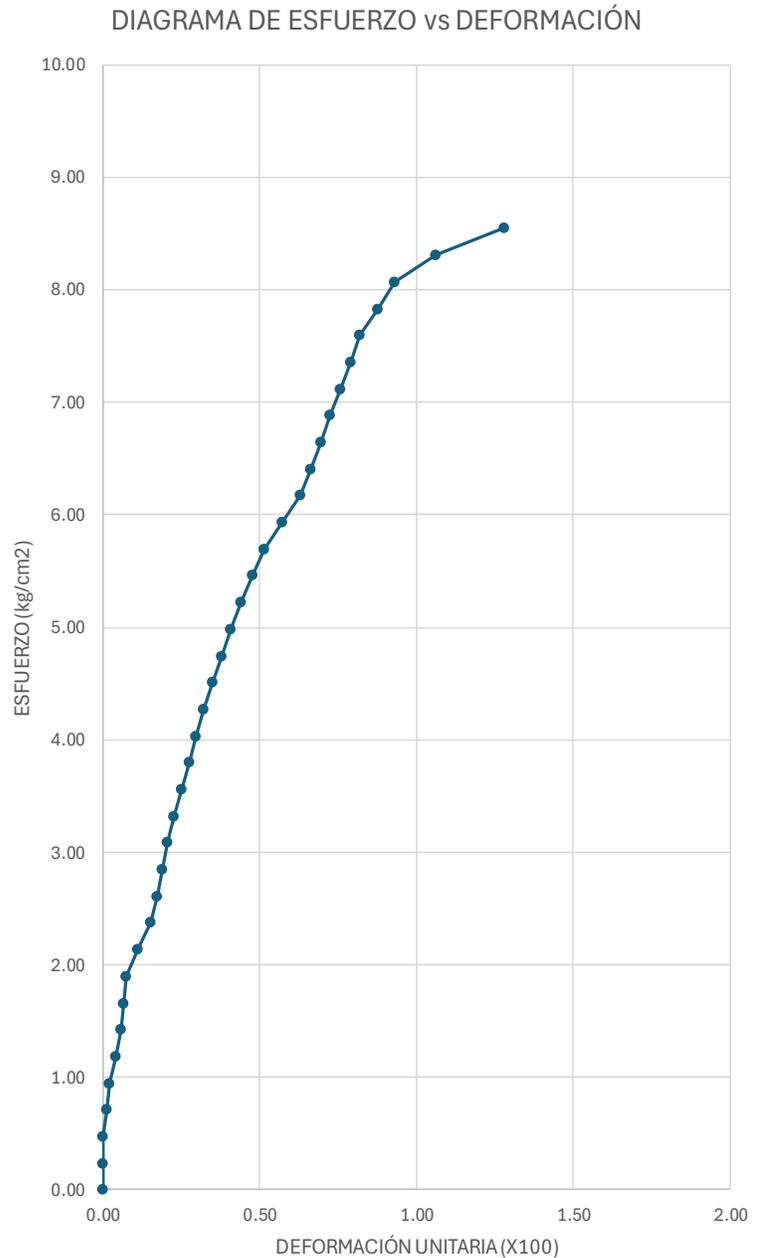
CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.48
300	0.04	0.01	0.72
400	0.08	0.02	0.96
500	0.15	0.03	1.20
600	0.22	0.05	1.44
700	0.26	0.06	1.68
800	0.30	0.07	1.92
900	0.43	0.10	2.16
1000	0.55	0.12	2.40
1100	0.59	0.13	2.64
1200	0.63	0.14	2.88
1300	0.67	0.15	3.12
1400	0.72	0.16	3.36
1500	0.80	0.18	3.60
1600	0.88	0.20	3.84
1700	1.01	0.23	4.09
1800	1.15	0.26	4.33
1900	1.28	0.29	4.57
2000	1.41	0.32	4.81
2100	1.56	0.35	5.05
2200	1.72	0.39	5.29
2300	1.86	0.42	5.53
2400	2.01	0.45	5.77
2500	2.19	0.49	6.01
2600	2.37	0.53	6.25
2700	2.55	0.58	6.49
2800	2.74	0.62	6.73
2900	2.91	0.66	6.97
3000	3.08	0.70	7.21
3100	3.26	0.74	7.45
3200	3.45	0.78	7.69
3300	3.75	0.85	7.93
3400	4.06	0.92	8.17
3500	5.00	1.13	8.41
3600	6.50	1.47	8.65



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

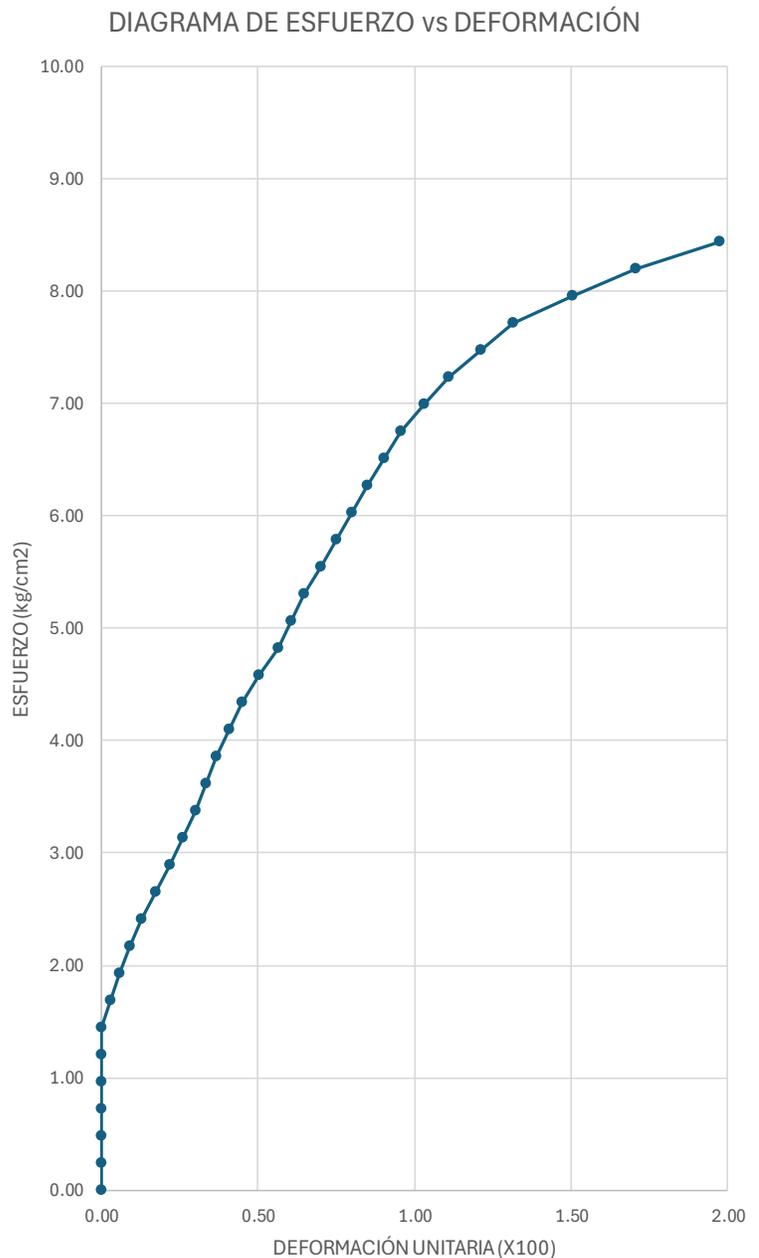
TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.80
PROBETA	C1	ANCHO (cm):	14.63
% DE ESTOPA DE COCO	0.8	ÁREA (cm²):	421.20
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.30
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	8.55

CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.47
300	0.05	0.01	0.71
400	0.10	0.02	0.95
500	0.18	0.04	1.19
600	0.26	0.06	1.42
700	0.29	0.07	1.66
800	0.33	0.07	1.90
900	0.50	0.11	2.14
1000	0.68	0.15	2.37
1100	0.76	0.17	2.61
1200	0.85	0.19	2.85
1300	0.92	0.21	3.09
1400	1.00	0.23	3.32
1500	1.11	0.25	3.56
1600	1.22	0.28	3.80
1700	1.32	0.30	4.04
1800	1.43	0.32	4.27
1900	1.55	0.35	4.51
2000	1.68	0.38	4.75
2100	1.81	0.41	4.99
2200	1.95	0.44	5.22
2300	2.11	0.48	5.46
2400	2.28	0.51	5.70
2500	2.54	0.57	5.94
2600	2.80	0.63	6.17
2700	2.94	0.66	6.41
2800	3.08	0.70	6.65
2900	3.22	0.73	6.89
3000	3.36	0.76	7.12
3100	3.50	0.79	7.36
3200	3.64	0.82	7.60
3300	3.88	0.88	7.83
3400	4.13	0.93	8.07
3500	4.70	1.06	8.31
3600	5.68	1.28	8.55



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN				
TESISTA:	Enrique Morales Rabanal		LARGO (cm):	28.75
PROBETA	C2		ANCHO (cm):	14.43
% DE ESTOPA DE COCO	0.8		ÁREA (cm ²):	414.72
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025		ALTURA (cm)	44.60
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)		f'_m (kg/cm ²)	8.44

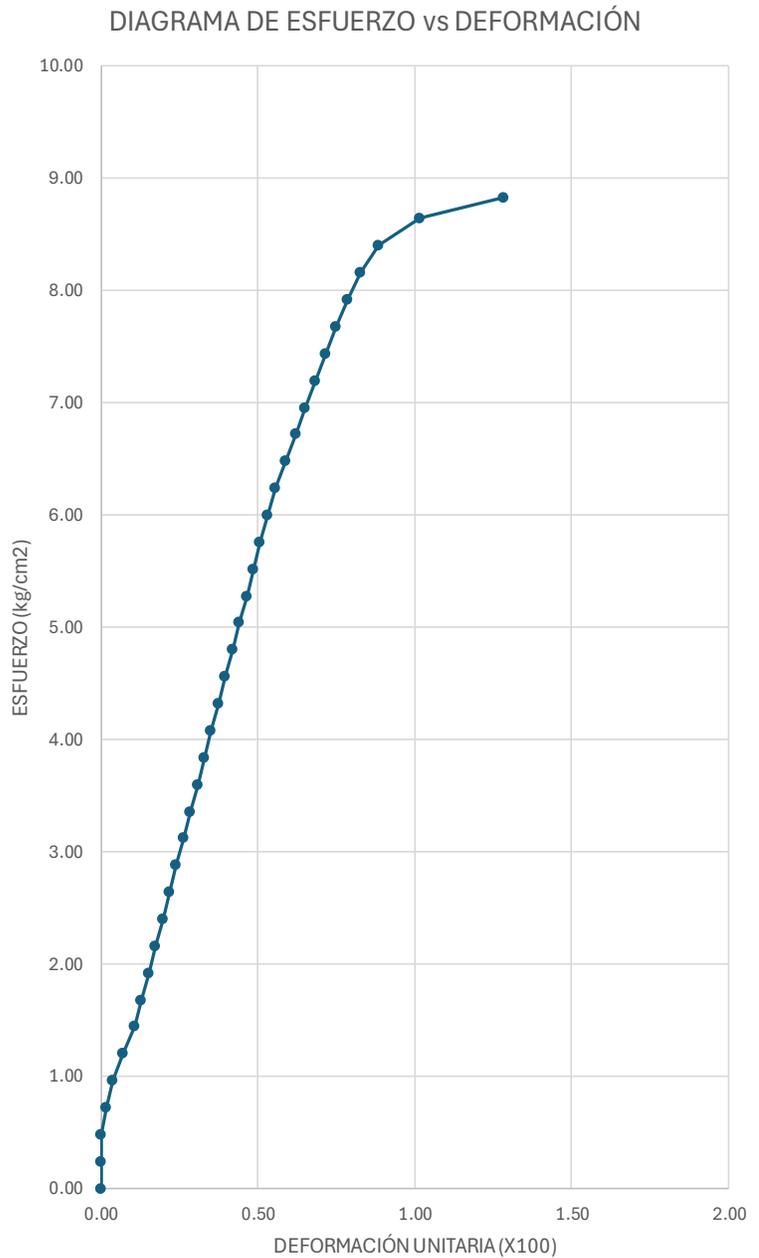
CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.48
300	0.00	0.00	0.72
400	0.00	0.00	0.96
500	0.00	0.00	1.21
600	0.00	0.00	1.45
700	0.13	0.03	1.69
800	0.26	0.06	1.93
900	0.41	0.09	2.17
1000	0.57	0.13	2.41
1100	0.77	0.17	2.65
1200	0.98	0.22	2.89
1300	1.16	0.26	3.13
1400	1.34	0.30	3.38
1500	1.48	0.33	3.62
1600	1.63	0.37	3.86
1700	1.81	0.41	4.10
1800	2.00	0.45	4.34
1900	2.25	0.50	4.58
2000	2.51	0.56	4.82
2100	2.70	0.61	5.06
2200	2.89	0.65	5.30
2300	3.12	0.70	5.55
2400	3.35	0.75	5.79
2500	3.56	0.80	6.03
2600	3.78	0.85	6.27
2700	4.02	0.90	6.51
2800	4.27	0.96	6.75
2900	4.60	1.03	6.99
3000	4.94	1.11	7.23
3100	5.40	1.21	7.47
3200	5.87	1.32	7.72
3300	6.70	1.50	7.96
3400	7.60	1.70	8.20
3500	8.80	1.97	8.44



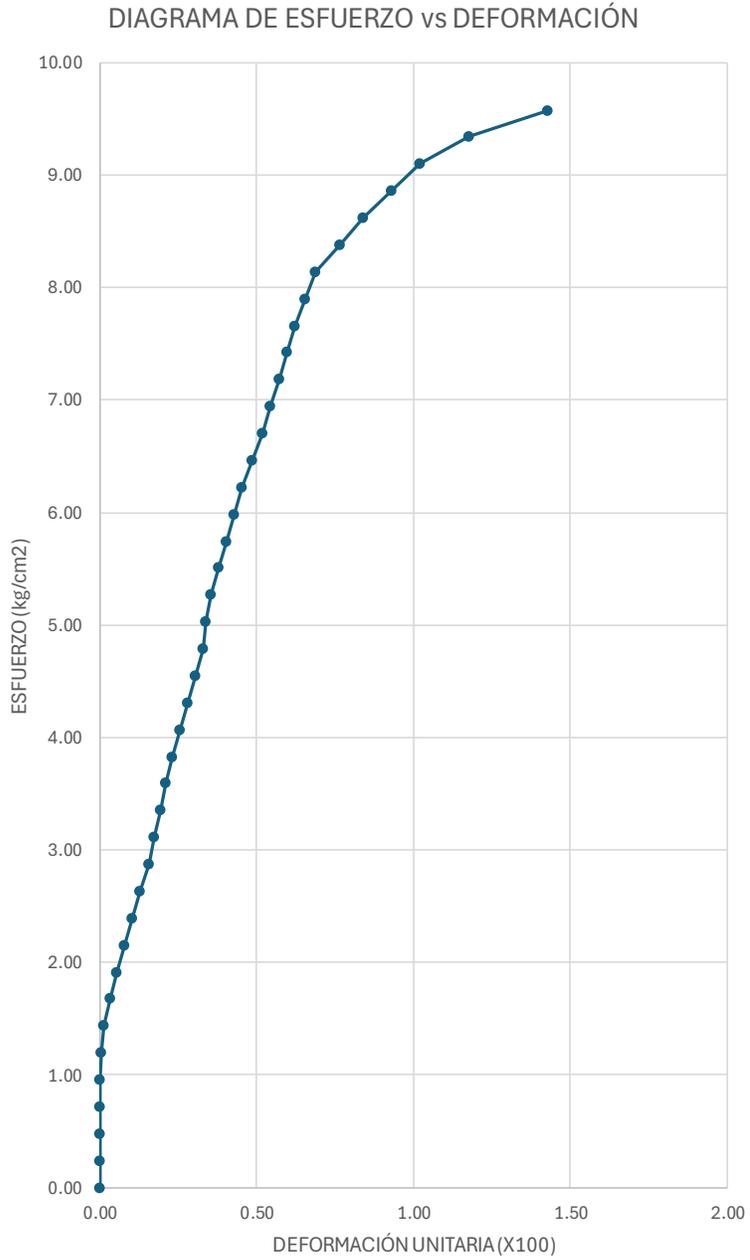
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.80
PROBETA	C3	ANCHO (cm):	14.48
% DE ESTOPA DE COCO	0.8	ÁREA (cm²):	416.88
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.80
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	0.00

CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.48
300	0.08	0.02	0.72
400	0.17	0.04	0.96
500	0.32	0.07	1.20
600	0.48	0.11	1.44
700	0.58	0.13	1.68
800	0.69	0.15	1.92
900	0.79	0.18	2.16
1000	0.90	0.20	2.40
1100	0.99	0.22	2.64
1200	1.08	0.24	2.88
1300	1.18	0.26	3.12
1400	1.28	0.29	3.36
1500	1.38	0.31	3.60
1600	1.49	0.33	3.84
1700	1.58	0.35	4.08
1800	1.68	0.38	4.32
1900	1.78	0.40	4.56
2000	1.89	0.42	4.80
2100	1.98	0.44	5.04
2200	2.08	0.46	5.28
2300	2.18	0.49	5.52
2400	2.28	0.51	5.76
2500	2.39	0.53	6.00
2600	2.50	0.56	6.24
2700	2.64	0.59	6.48
2800	2.78	0.62	6.72
2900	2.92	0.65	6.96
3000	3.07	0.69	7.20
3100	3.21	0.72	7.44
3200	3.36	0.75	7.68
3300	3.53	0.79	7.92
3400	3.71	0.83	8.16
3500	3.96	0.88	8.40
3600	4.55	1.02	8.64
3680	5.75	1.28	8.83



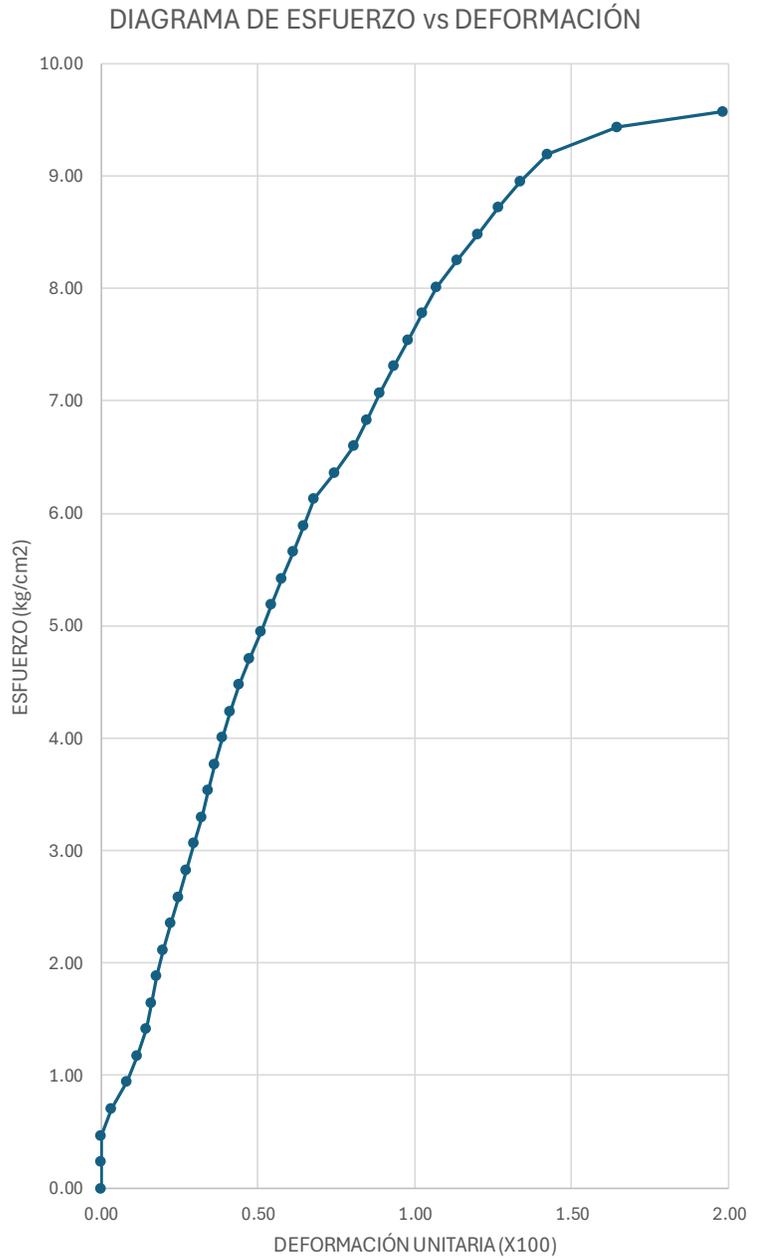
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN			
TESISTA:		Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm): 28.90
PROBETA		C4	ANCHO (cm): 14.45
% DE ESTOPA DE COCO		0.8	ÁREA (cm ²): 417.61
FECHA DE FABRICACIÓN		lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm): 44.10
TIEMPO MINIMO DE SECADO:		28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm ²): 9.58
CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.48
300	0.00	0.00	0.72
400	0.00	0.00	0.96
500	0.02	0.00	1.20
600	0.05	0.01	1.44
700	0.14	0.03	1.68
800	0.24	0.05	1.92
900	0.34	0.08	2.16
1000	0.45	0.10	2.39
1100	0.57	0.13	2.63
1200	0.70	0.16	2.87
1300	0.77	0.17	3.11
1400	0.85	0.19	3.35
1500	0.93	0.21	3.59
1600	1.02	0.23	3.83
1700	1.13	0.26	4.07
1800	1.24	0.28	4.31
1900	1.34	0.30	4.55
2000	1.45	0.33	4.79
2100	1.50	0.34	5.03
2200	1.56	0.35	5.27
2300	1.67	0.38	5.51
2400	1.78	0.40	5.75
2500	1.89	0.43	5.99
2600	2.00	0.45	6.23
2700	2.14	0.49	6.47
2800	2.29	0.52	6.70
2900	2.40	0.54	6.94
3000	2.52	0.57	7.18
3100	2.63	0.60	7.42
3200	2.75	0.62	7.66
3300	2.89	0.66	7.90
3400	3.04	0.69	8.14
3500	3.37	0.76	8.38
3600	3.70	0.84	8.62
3700	4.10	0.93	8.86
3800	4.51	1.02	9.10
3900	5.20	1.18	9.34
4000	6.30	1.43	9.58



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.95
PROBETA	C6	ANCHO (cm):	14.65
% DE ESTOPA DE COCO	0.8	ÁREA (cm²):	424.12
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.90
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	9.57

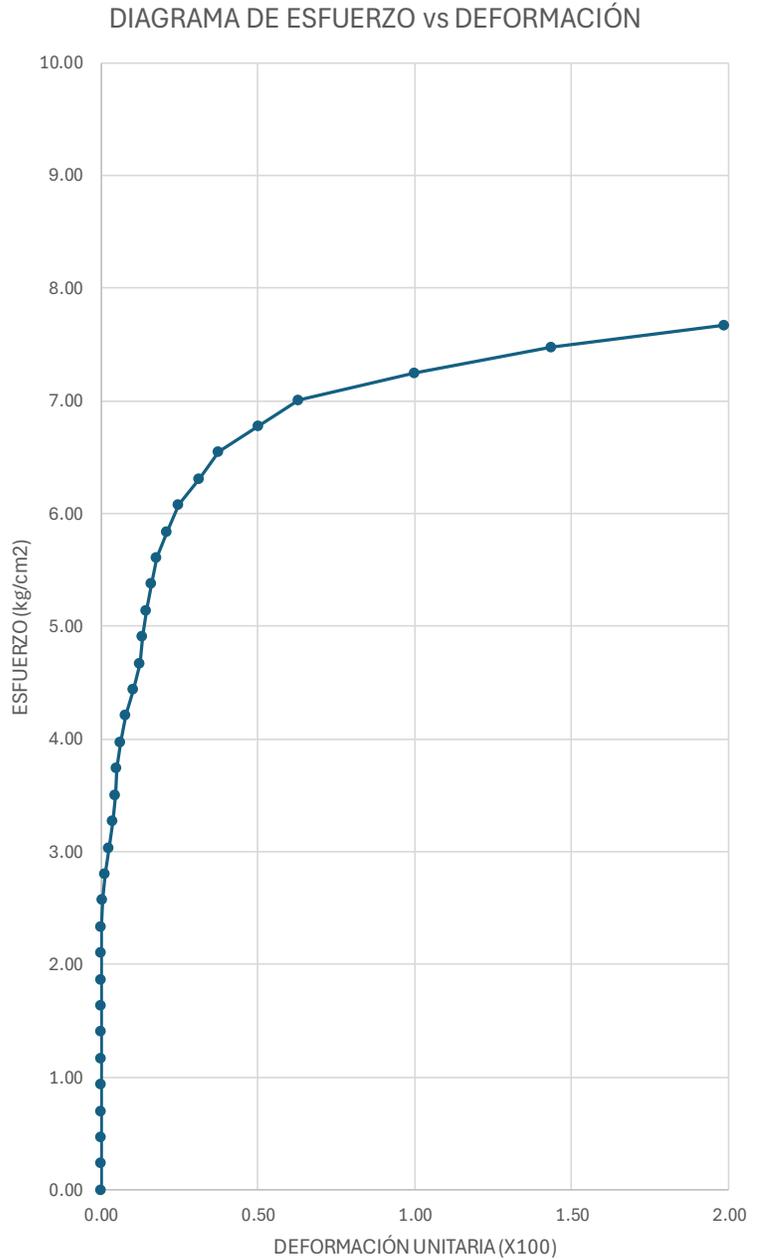
CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.24
200	0.00	0.00	0.47
300	0.16	0.04	0.71
400	0.38	0.08	0.94
500	0.52	0.12	1.18
600	0.66	0.15	1.41
700	0.73	0.16	1.65
800	0.80	0.18	1.89
900	0.90	0.20	2.12
1000	1.00	0.22	2.36
1100	1.11	0.25	2.59
1200	1.23	0.27	2.83
1300	1.34	0.30	3.07
1400	1.45	0.32	3.30
1500	1.54	0.34	3.54
1600	1.63	0.36	3.77
1700	1.74	0.39	4.01
1800	1.85	0.41	4.24
1900	1.99	0.44	4.48
2000	2.13	0.47	4.72
2100	2.29	0.51	4.95
2200	2.45	0.55	5.19
2300	2.60	0.58	5.42
2400	2.75	0.61	5.66
2500	2.90	0.65	5.89
2600	3.06	0.68	6.13
2700	3.34	0.74	6.37
2800	3.63	0.81	6.60
2900	3.81	0.85	6.84
3000	4.00	0.89	7.07
3100	4.20	0.94	7.31
3200	4.40	0.98	7.55
3300	4.60	1.02	7.78
3400	4.80	1.07	8.02
3500	5.10	1.14	8.25
3600	5.40	1.20	8.49
3700	5.70	1.27	8.72
3800	6.00	1.34	8.96
3900	6.40	1.43	9.20
4000	7.40	1.65	9.43
4060	8.90	1.98	9.57



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MURETE A LA COMPRESIÓN

TESISTA:	Enrique Morales Rabanal	LARGO (cm):	28.90
PROBETA	D5	ANCHO (cm):	14.80
% DE ESTOPA DE COCO	1.2	ÁREA (cm²):	427.72
FECHA DE FABRICACIÓN	lunes, 28 de Abril de 2025	ALTURA (cm)	44.50
TIEMPO MINIMO DE SECADO:	28 días (adobe) + 28 días (mortero)	f'_m (kg/cm²)	7.67

CARGA (kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.23
200	0.00	0.00	0.47
300	0.00	0.00	0.70
400	0.00	0.00	0.94
500	0.00	0.00	1.17
600	0.00	0.00	1.40
700	0.00	0.00	1.64
800	0.00	0.00	1.87
900	0.00	0.00	2.10
1000	0.00	0.00	2.34
1100	0.03	0.01	2.57
1200	0.07	0.02	2.81
1300	0.12	0.03	3.04
1400	0.18	0.04	3.27
1500	0.20	0.04	3.51
1600	0.23	0.05	3.74
1700	0.29	0.07	3.97
1800	0.36	0.08	4.21
1900	0.46	0.10	4.44
2000	0.56	0.13	4.68
2100	0.60	0.13	4.91
2200	0.65	0.15	5.14
2300	0.72	0.16	5.38
2400	0.79	0.18	5.61
2500	0.94	0.21	5.84
2600	1.10	0.25	6.08
2700	1.39	0.31	6.31
2800	1.68	0.38	6.55
2900	2.24	0.50	6.78
3000	2.81	0.63	7.01
3100	4.45	1.00	7.25
3200	6.40	1.44	7.48
3280	8.85	1.99	7.67



E. Panel Fotográfico

Foto 1: Estado actual de la cantera Cruz Blanca



Foto 2: Deshilachado de la estopa de coco



Foto 3: Corte longitudinal de la estopa de coco



Foto 4: Zarandeo de la materia prima (suelo)



Foto 5: Suelo zarandeado para la elaboración de adobes



Foto 6: Pesado de suelo para elaboración de adobes



Foto 7: Pesado de estopa de coco para elaboración de adobes



Foto 8: Pesado de estopa de coco para elaboración de adobes



Foto 9: Incorporación de estopa de coco 0.4%



Foto 10: Incorporación de estopa de coco 0.8%



Foto 11: Incorporación de estopa de coco 1.2%



Foto 12: Batido de material sin estopa de coco



Foto 13: Incorporación de agua para iniciar batido con estopa de coco



Foto 14: Batido de la mezcla para elaboración de adobes



Foto 15: Pesado de estopa de coco para elaboración de adobes



Foto 16: Pesado de estopa de coco para elaboración de adobes



Foto 17: Mezcla vertida en los moldes ejerciendo presión para moldeo



Foto 18: Elaboración de adobe desmoldado



Foto 19: Presencia en la elaboración de adobes



Foto 20: Asentado de adobes para murete y ensayos de mortero con plomada



Foto 21: Toma de datos de unidades de adobe para ensayos a compresión



Foto 22: Toma de datos de unidades de adobe para ensayos a tracción



Foto 23: Toma de datos de unidades de adobe para ensayos a flexión



Foto 24: Toma de datos de unidades de adobe para ensayos a tracción de mortero



Foto 25: Verificación de horizontalidad en mueres para nivelación con yeso



Foto 26: Refrentado con yeso en muretes culminado



Foto 27: Toma de datos en muretes para ensayos a compresión



Foto 28: Acompañamiento del ing. Asesor de tesis en ensayos a compresión



Foto 29: Muestras a ensayar resistencia tracción



Foto 30: Acompañamiento y recomendaciones por el ing. Asesor de tesis ensayos a tracción



Foto 31: Muestras a ensaya resistencia a flexión



Foto 32: Posicionamiento de muestras para ensayos a compresión



Foto 33: Acompañamiento del ing. Asesor de tesis en los ensayos a flexión



Foto 34: Presencia del encargado del laboratorio en la manipulación de equipos



Foto 35: Equipo utilizado para determinar resistencia a la tracción del mortero

Foto 36: Presencia en los ensayos de resistencia a tracción de mortero



Foto 37: Ensayos de resistencia a compresión en muretes



Foto 38: Laboratorio de Ensayo de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz" de la Universidad Nacional de Cajamarca.



Foto 39: Acompañamiento Mg. Ing. Miranda Tejada, Héctor Hugo como asesor de tesis.



ANEXOS



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



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

A nombre del Bach. ENRIQUE MORALES RABANAL, Exalumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, con la cual se da constancia que se han realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo a compresión en unidades de adobe.
02	Ensayo a tracción en unidades de adobe.
03	Ensayo a flexión en unidades de adobe.
04	Ensayo a compresión en pilas de adobe.

Para la Tesis Titulada: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE REFORZADO CON ESTOPA DE COCO PARA APLICACIONES EN VIVIENDA RURAL". Las actividades se desarrollaron del 28 de abril al 30 de mayo de 2025. Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 05 de junio de 2025.

Atentamente:

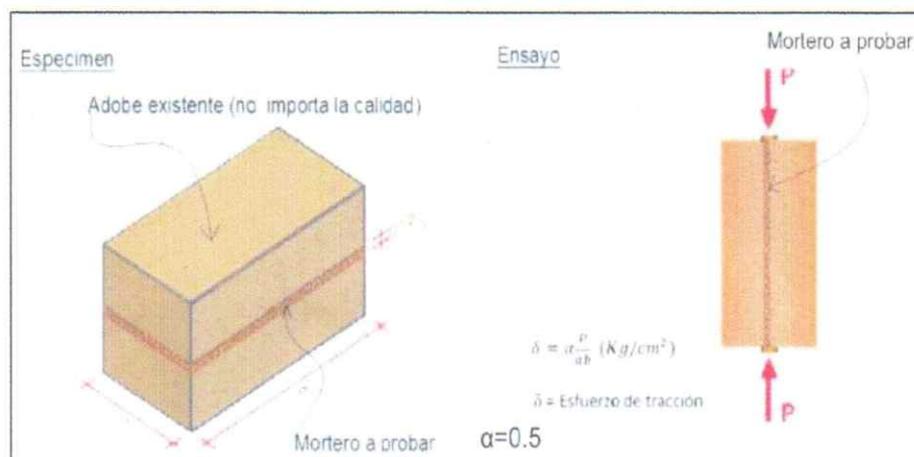
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Centurión Vargas
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

c.c. a:
_Archivo

Resumen de datos de la resistencia del mortero a la tracción Norma E.080

Muestra	Lectura Máquina (kg-f)	Medidas (cm)		Esfuerzo (kg/cm ²)
		Ancho (cm)	Largo (cm)	
B5	101.60	13.70	28.65	0.129
B6	137.60	14.20	28.55	0.170
C1	153.40	14.50	28.55	0.185
C2	115.90	14.25	28.48	0.143
C3	112.60	13.75	28.60	0.143
C4	116.30	14.33	28.40	0.143
C5	111.30	14.50	28.70	0.134
C6	124.70	14.15	28.40	0.155
D1	120.60	14.45	28.98	0.144
D2	126.30	14.45	28.85	0.151
D3	122.50	14.45	29.00	0.146
D4	135.80	14.50	28.85	0.162
D5	133.40	14.45	28.78	0.160
D6	128.40	14.40	28.43	0.157



GUERSAN INGENIEROS S.R.L

Leiner Guerrero Gonzáles
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 356556