

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE
ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023**

PRESENTADO POR:

-Br. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

Ing. LUZ MARLENE NIETO PALOMINO

CUSCO – PERÚ
2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Influencia de la fibra de Retama en las propiedades Mecánicas de la mampostería de adobe Tradicional, Cusco - 2023

presentado por: Emer Wilfredo Ramos Silva con DNI Nro.: 72685084 para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Civil

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	—
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	—

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 31 de Enero de 2024



Firma

Post firma Ing. Luz Marienc Nieto Palomino

Nro. de DNI 23849232

ORCID del Asesor 0000-0001-6820-2758

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259; 319436317

<https://unsaac.turnitng.com/viewer/submissions/oid:27259;319436317?locale=es-MX>

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL

AUTOR

EMER RAMOS

RECUENTO DE PALABRAS

72690 Words

RECUENTO DE CARACTERES

334521 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

300 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

18.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 31, 2024 11:51 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 31, 2024 11:55 AM GMT-5**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)



RESUMEN

En la actualidad, el uso de los materiales como la tierra con el cual se elabora el adobe están siendo investigados en la mayor parte del mundo, lo cual se evidencia en los estudios realizados con distintos tipos de estabilizantes con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y sus diversas características. Los elementos que se usan en la elaboración de unidades adobes son; tierra, arcilla, fibras naturales, arena y agua. Estos materiales presentan una alta disponibilidad, son de fácil acceso monetario, tienen un buen comportamiento de inercia térmica y son utilizados por razones culturales, climáticas y medioambientales.

Esta investigación se realiza con el fin de determinar la influencia de reemplazo de paja por fibra de retama, en las propiedades mecánicas de resistencia a compresión axial y compresión diagonal de la mampostería de adobe tradicional en Cusco.

Para el desarrollo de esta investigación primero se hicieron ensayos preliminares para la selección del suelo, luego se estudió las características del suelo, después se realizó la preparación de los especímenes y finalmente al acabo de 28 días de sacado, se sometieron a diferentes ensayos para conocer el comportamiento mecánico de las muestras de unidades, pilas y muretes de adobe. Se ensayaron un total de 264 muestras, dichas muestras fueron elaboradas con 0.50%, 0.75% y 1.00% de fibra de retama y 0.75% de paja; los porcentajes están dados por la relación del peso seco de las fibras y el peso seco del suelo. Se elaboraron 6 especímenes para cada uno, por lo que se fabricaron 24 especímenes por cada ensayo programado.

Se concluye que el reemplazo de paja por fibra de retama, mejora significativamente las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe; la adición de 0.75% en peso de fibra de retama aporta 104.97% de resistencia a compresión axial en pilas y de 19.32% de resistencia a compresión diagonal en muretes, en comparación a la resistencia de la muestra patrón con 0.75% en peso de paja.

Palabras clave: Adobe, fibra de retama, mampostería de adobe, propiedades mecánicas.



ABSTRACT

Currently, the use of materials such as earth, with which adobe is made, is being investigated in most of the world, which is evident in the studies carried out with different types of stabilizers, with the aim of improving its mechanical properties and its various characteristics. The elements used in the production of adobe units are earth, clay, natural fibers, sand and water. These materials are highly available, have easy monetary access, have good thermal inertia behavior and are used for cultural, climatic and environmental reasons.

This research is carried out in order to determine the influence of replacing straw with retama fiber, on the mechanical properties of resistance to axial compression and diagonal compression, of traditional adobe masonry in Cusco.

For the development of this research, first preliminary tests were carried out for the selection of the soil, then the characteristics of the soil were studied, then the preparation of the specimens was carried out and finally after 28 days of removal, they were subjected to different tests to know the mechanical behavior of samples of adobe units, piles and walls. A total of 264 samples were tested. These samples were made with 0.50%, 0.75% and 1.00% of retama fiber and 0.75% of straw. The percentages are given by the ratio of the dry weight of the fibers and the dry weight of the soil. 6 specimens were made for each one, so 24 specimens were made for each scheduled test.

It is concluded that the replacement of straw with retama fiber significantly improves the mechanical properties of adobe masonry, the addition of 0.75% by weight of retama fiber provides 104.97% axial compression resistance in piles and 19.32% resistance diagonal compression, in walls compared to the resistance of the standard sample with 0.75% by weight of straw.

Keywords: Adobe, broom fiber, adobe masonry, mechanical properties.



AGRADECIMIENTOS

A Diosito y a la Virgen María por protegerme y guiarme en cada paso de mi vida.

Para mi madre Alison Olivia Silva Rojas y para mi padre Julian Wilfredo Ramos Carrasco, quienes se sacrificaron con mucho esfuerzo y trabajo para darme todo lo que hoy tengo y nunca me dejaron solo en las etapas duras de mi vida.

A mi abuelo Victor Silva Cruz, "mi maestro", quien fue parte de esta tesis al ayudarme en el trabajo de campo y enseñarme todas las técnicas de albañil para elaborar mis adobes y muretes.

A mis hermanas Shanda y Lucero, quienes hacen que mis días sean alegres y me aconsejan respecto a cada decisión que tomo en mi vida.

A mis amigos y docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por sus enseñanzas, consejos y apoyo durante mi etapa en la universidad.

Emer Wilfredo, Ramos Silva



DEDICATORIA

Para llevar a cabo este trabajo, existen personas que aportaron en el desarrollo de la presente con acciones que influyeron directa o indirectamente, al igual en el camino de mi formación universitaria se pudo contar con el apoyo de ellas para poder llegar a este punto clave de mi vida profesional.

Es por eso que agradezco profundamente a mi asesora de tesis a la ingeniera Marlene Nieto, quien por su labor como docente me brindó un invaluable apoyo, su tiempo y consejos.

Agradezco a los ingenieros Adriel Gamarra, Enrique Saloma, Aida Zapata y Felipe Azpilcueta, por su paciencia, disposición de tiempo y todas las recomendaciones dadas durante este proceso de investigación.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por sus enseñanzas y experiencias.

Agradezco a mis amigos, quienes en momentos oportunos me apoyaron en cada etapa de este trabajo.

A nuestra querida Escuela Profesional de Ingeniería Civil y a nuestra querida casa de estudios la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por permitirnos recorrer esta carrera profesional.

Emer Wilfredo, Ramos Silva



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.2.1 Problema General.	4
1.2.2 Problemas Específicos.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1. Ventajas del uso del adobe tradicional.....	7
1.3.2. Desventajas del uso del adobe tradicional	7
1.4. DELIMITACIÓN, LIMITACIONES Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.4.1. Delimitación	8
1.4.2. Limitaciones	10
1.4.3. Viabilidad.	10
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.5.1. Objetivos generales.....	10
1.5.2. Objetivos específico	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	12
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	12
2.1.1. A nivel regional	12
2.1.2. A nivel nacional	13
2.1.3. A nivel internacional	16
2.2. MARCO TEÓRICO	17
2.2.1. Adobe tradicional.....	17
2.2.2. Retama	22
2.2.3. Propiedades mecánicas de la unidad de adobe.....	26
2.2.4. Propiedades mecánicas del mortero de barro	28
2.2.5. Propiedades mecánicas de la mampostería de adobe	29
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	31
3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	31
3.1.1. Hipótesis general.....	31
3.1.2. Hipótesis específicas	31



3.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	31
3.2.1. Variables independientes (X)	31
3.2.2. Variables dependientes (Y)	32
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	32
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	33
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	33
4.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	33
4.3.1. Descripción y cuantificación de muestra	35
4.3.2. Ensayos preliminares para selección de suelo adecuado para la elaboración de adobe	37
4.3.3. Extracción de la muestra.....	44
4.3.4. Caracterización de los materiales para la elaboración de adobes.....	46
4.3.5. Preparación de especímenes	61
4.3.6. Programa de ensayos experimentales.....	78
4.3.7. Metodología del costo y beneficio del adobe con adición de fibra de retama y el adobe tradicional con adición de paja	121
CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO DE DATOS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	123
5.1. UNIDAD DE ADOBE	123
5.1.1. Variación dimensional.....	123
5.1.2. Absorción	128
5.1.3. Resistencia a compresión.....	129
5.1.4. Resistencia a flexión en tres puntos	132
5.1.5. Resistencia a compresión en cubos de adobe	136
5.1.6. Resistencia a la tracción de testigos cilíndricos de barro para adobe	139
5.2. MORTERO DE BARRO.....	142
5.2.1. Resistencia del mortero a la compresión.....	142
5.2.2. Esfuerzo de adherencia del mortero	145
5.2.3. Resistencia del mortero a la tracción.....	148
5.3. MAMPOSTERÍA DE ADOBE.....	152
5.3.1. Resistencia de la mampostería de adobe a la compresión.....	152
5.3.2. Resistencia de la mampostería de adobe a tracción indirecta	167



5.4. COSTO Y BENEFICIO DEL ADOBE CON ADICIÓN DE FIBRA DE RETAMA Y ADOBE TRADICIONAL CON ADICIÓN DE PAJA	182
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	190
6.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ADOBE	190
6.1.1. Análisis comparativo de la resistencia a compresión	190
6.1.2. Análisis comparativo de la resistencia a flexión en tres puntos	192
6.1.3. Análisis comparativo de la resistencia a compresión de cubos de adobe	194
6.1.4. Análisis comparativo de la resistencia a la tracción de testigos cilíndricos de barro	196
6.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MORTERO DE BARRO	198
6.2.1. Análisis comparativo de la resistencia del mortero a compresión	198
6.2.2. Análisis comparativo del esfuerzo de adherencia del mortero	200
6.2.3. Análisis comparativo de la resistencia del mortero a la tracción	202
6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE	204
6.3.1. Análisis comparativo de la resistencia a compresión axial	204
6.3.2. Análisis comparativo del módulo de elasticidad en pilas	206
6.3.3. Análisis comparativo de la resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe	208
6.3.4. Análisis comparativo del módulo de corte en muretes	210
6.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO Y BENEFICIO DE LA ELABORACIÓN DE ADOBE CON PAJA VS EL ADOBE CON FIBRA DE RETAMA	212
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	214
7.1. CONCLUSIONES	214
7.2. RECOMENDACIONES	223
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS	225
ANEXOS	228
PANEL FOTOGRÁFICO	255



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Esfuerzos mínimos de rotura de ensayos de resistencia mecánica.</i>	30
Tabla 2 <i>Operacionalización de variables.</i>	32
Tabla 3 <i>Descripción y cuantificación de los especímenes por cada tipo de muestra.</i>	36
Tabla 4 <i>Porcentajes de fino y arena del suelo obtenidos con la prueba de la botella.</i>	43
Tabla 5 <i>Datos y resultados del ensayo de peso específico.</i>	51
Tabla 6 <i>Análisis granulométrico del suelo seleccionado.</i>	53
Tabla 7 <i>Resumen de los valores de los límites de plasticidad del suelo seleccionado.</i>	58
Tabla 8 <i>Clasificación AASHTO</i>	60
Tabla 9 <i>Muestras preliminares de cubos de barro por cada tipo.</i>	64
Tabla 10 <i>Cantidades en peso para dosificación de componentes de las muestras.</i>	65
Tabla 11 <i>Muestras de adobe por tipo de muestra para ensayo de variación dimensional.</i>	79
Tabla 12 <i>Muestras de adobe por tipo para ensayo de absorción.</i>	81
Tabla 13 <i>Muestras de adobe por cada tipo, para el ensayo de resistencia a compresión simple.</i>	83
Tabla 14 <i>Muestras de adobe por cada tipo para el ensayo de resistencia a flexión en tres puntos.</i>	87
Tabla 15 <i>Muestras de cubos de adobe por cada tipo, para el ensayo de resistencia a</i>	90
Tabla 16 <i>Muestras cilíndricas de barro por cada tipo, para el ensayo de resistencia a tracción.</i>	94
Tabla 17 <i>Testigos cilíndricos de mortero de barro por cada tipo para el ensayo de resistencia</i>	97
Tabla 18 <i>Especímenes por tipo para ensayo de resistencia de adherencia de mortero.</i>	101
Tabla 19 <i>Especímenes por tipo, para ensayo de resistencia del mortero a tracción.</i>	105
Tabla 20 <i>Muretes de adobe por tipo para ensayo de compresión axial en pilas.</i>	110
Tabla 21 <i>Muretes de mampostería de adobe por tipo para ensayo de compresión diagonal.</i>	115
Tabla 22 <i>Ensayo de variación dimensional del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.</i>	123
Tabla 23 <i>Variación volumétrica del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.</i>	123
Tabla 24 <i>Ensayo de variación dimensional del adobe con adición de 0.5 % en peso de fibra de retama.</i> 124	
Tabla 25 <i>Variación volumétrica del adobe con adición de 0.5 % en peso de fibra de retama.</i>	124
Tabla 26 <i>Ensayo de variación dimensional del adobe con adición de 0.75 % en peso de fibra de retama.</i>	125
Tabla 27 <i>Variación volumétrica del adobe con adición de 0.75 % en peso de fibra de retama.</i>	125
Tabla 28 <i>Ensayo de variación dimensional del adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama.</i> 126	
Tabla 29 <i>Variación volumétrica del adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama.</i>	127
Tabla 30 <i>Variación dimensional y volumétrica promedio por tipo de muestra.</i>	127
Tabla 31 <i>Ensayo de absorción del adobe.</i>	128
Tabla 32 <i>Ensayo de resistencia a compresión del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.</i>	129
Tabla 33 <i>Ensayo de resistencia a compresión del adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.</i>	130
Tabla 34 <i>Ensayo de resistencia a compresión del adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.</i>	130
Tabla 35 <i>Ensayo de resistencia a compresión del adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama.</i>	131
Tabla 36 <i>Resistencia a compresión simple promedio de unidades de adobe por tipo.</i>	132



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”



Tabla 37 Ensayo de resistencia a flexión en tres puntos del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.	132
Tabla 38 Ensayo de resistencia a flexión en tres puntos del adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.	133
Tabla 39 Ensayo de resistencia a flexión en tres puntos del adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	134
Tabla 40 Ensayo de resistencia a flexión en tres puntos del adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama.	134
Tabla 41 Resistencia a flexión en tres puntos promedio de unidades de adobe por tipo.	135
Tabla 42 Ensayo de resistencia a compresión en cubos de adobe con 0.75% en peso de paja.	136
Tabla 43 Ensayo de resistencia a compresión de cubos de adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.	136
Tabla 44 Ensayo de resistencia a compresión de cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	137
Tabla 45 Ensayo de resistencia a compresión de cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	138
Tabla 46 Resistencia a compresión simple promedio de cubos de adobe por tipo.	138
Tabla 47 Ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con 0.75% en peso de paja.	139
Tabla 48 Ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	140
Tabla 49 Ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	140
Tabla 50 Ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	141
Tabla 51 Resistencia a tracción promedio de testigos cilíndricos de barro por tipo.	142
Tabla 52 Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.75% en peso de paja	142
Tabla 53 Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.	143
Tabla 54 Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	144
Tabla 55 Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	144
Tabla 56 Resistencia a la compresión promedio de testigos de mortero de barro por tipo.	145
Tabla 57 Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro con 0.75% en peso de paja.	146
Tabla 58 Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro con 0.5% en peso de fibra de retama.	146
Tabla 59 Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro con 0.75% en peso de fibra de retama.	147
Tabla 60 Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro con 1.0% en peso de fibra de retama.	147
Tabla 61 Resistencia promedio de prueba de adherencia de mortero por tipo.	148
Tabla 62 Ensayo de tracción de mortero de barro con 0.75% en peso de paja.	149
Tabla 63 Ensayo de tracción de mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	149
Tabla 64 Ensayo de tracción de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	150
Tabla 65 Ensayo de tracción de mortero de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	150



Tabla 66 Resistencia a tracción de mortero promedio por tipo.	151
Tabla 67 Ensayo de compresión axial de pilas de mampostería de adobe con 0.75% en peso de paja ...	152
Tabla 68 Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.	153
Tabla 69 Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	153
Tabla 70 Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	154
Tabla 71 Resistencia a compresión axial promedio de pilas de mampostería de adobe por tipo.	155
Tabla 72 Deformaciones unitarias verticales de pilas de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	156
Tabla 73 Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	157
Tabla 74 Deformaciones unitarias verticales de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama	158
Tabla 75 Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama	159
Tabla 76 Deformaciones unitarias verticales de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	160
Tabla 77 Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama	161
Tabla 78 Deformaciones unitarias verticales de pilas de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	162
Tabla 79 Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	163
Tabla 80 Módulo de elasticidad promedio de pilas de mampostería de adobe por tipo.	163
Tabla 81 Ensayo de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.	167
Tabla 82 Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	168
Tabla 83 Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	168
Tabla 84 Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	169
Tabla 85 Esfuerzo cortante promedio en muretes de mampostería de adobe por tipo.	170
Tabla 86 Deformaciones unitarias de muretes de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.	172
Tabla 87 Módulo de corte en muretes de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.	172
Tabla 88 Deformaciones unitarias de muretes de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	174



Tabla 89 <i>Módulo de corte en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.</i>	174
Tabla 90 <i>Deformaciones unitarias de muretes de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.</i>	176
Tabla 91 <i>Módulo de corte en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.</i>	176
Tabla 92 <i>Deformaciones unitarias de muretes de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.</i>	178
Tabla 93 <i>Módulo de corte en muretes de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.</i>	178
Tabla 94 <i>Módulo de corte promedio de muretes de mampostería de adobe por tipo.</i>	179
Tabla 95 <i>Dimensiones de la unidad de adobe</i>	183
Tabla 96 <i>Dosificaciones de los componentes por unidad de adobe</i>	183
Tabla 97 <i>A.C.U para elaboración de unidades de adobe con paja.</i>	183
Tabla 98 <i>A.C.U de la obtención del costo de fibra de retama.</i>	184
Tabla 99 <i>Dimensiones de la unidad de adobe.</i>	185
Tabla 100 <i>Dosificación de los componentes por unidad de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.</i>	186
Tabla 101 <i>Dosificación de los componentes por unidad de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.</i>	186
Tabla 102 <i>Dosificación de los componentes por unidad de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.</i>	186
Tabla 103 <i>A.C.U para la elaboración de unidades con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.</i>	187
Tabla 104 <i>A.C.U para la elaboración de unidades con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.</i>	187
Tabla 105 <i>A.C.U para la elaboración de unidades con adición de 1.000% en peso de fibra de retama.</i> ...	188
Tabla 106 <i>Costo por und de la elaboración de adobes.</i>	189



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del lugar donde se obtuvo la planta de Retama	9
Figura 2 Ubicación del lugar de estudio de la investigación.	9
Figura 3 Preparación y mezclado del barro.....	19
Figure 4 Adobera de madera.	20
Figura 5 Tendal de triplay fenólico.	21
Figura 6 Secado del adobe	22
Figura 7 Vivienda de adobe y planta de retama	23
Figura 8 Fibra de Retama	25
Figura 9 En la imagen se aprecia el color del suelo seleccionado.	38
Figura 10 Prueba dental del suelo seleccionado.	39
Figura 11 En la imagen se aprecia la prueba de olor del suelo seleccionado.	39
Figura 12 Prueba de brillo.	40
Figura 13 Prueba de enrollado.	41
Figura 14 Prueba de resistencia seca.	42
Figura 15 Prueba de la botella.	43
Figura 16 En la imagen se aprecia la extracción del suelo y el zarandeo de este con la malla de 3/8".	44
Figura 17 Proceso de obtención de la fibra de retama.	46
Figura 18 Ensayo de contenido de humedad.	48
Figura 19 Contenido de humedad natural de las muestras y el promedio de estas.	49
Figura 20 En la imagen se aprecia el procedimiento del ensayo para determinar	50
Figura 21 En la imagen se aprecia el procedimiento del ensayo de granulometría	52
Figura 22 Distribución granulométrica de la muestra de suelo.....	54
Figura 23 En la imagen se aprecia el procedimiento del ensayo para determinar	56
Figura 24 Gráfica para encontrar el límite líquido del suelo.	57
Figura 25 Contenido de humedad del suelo en su límite plástico.	58
Figura 26 Gráfica para la clasificación del suelo, según SUCS.	59
Figura 27 En la imagen se aprecia las dimensiones de la adobera fabricada.....	62
Figura 28 En la imagen se aprecia las dimensiones de la fibra de retama y paja, para la elaboración de los adobes.....	63
Figura 29 Muestras preliminares de cubos de barro.....	64
Figura 30 En la imagen se aprecia la preparación de barro para la elaboración de adobes.	66
Figura 31 En la imagen se aprecia la elaboración de unidades de adobes.	67
Figura 32 En la imagen se aprecia el secado de las unidades de adobes sobre triplay	68
Figura 33 En la imagen se aprecia la protección con arpillera, de las unidades de adobe para evitar el fisuramiento de estas.....	69
Figura 34 Elaboración de cubos de adobe en los alrededores del laboratorio de suelos.....	70
Figura 35 Elaboración de testigos cilíndricos de barro.	71
Figura 36 Preparación del mortero de barro, para las juntas de las pilas	72
Figura 37 Elaboración de testigos cilíndricos de mortero de barro.	73
Figura 38 Elaboración de probetas de tres piezas para el ensayo de adherencia de mortero.	74



Figura 39 En la imagen se aprecia la elaboración de probetas de dos piezas para el ensayo de tracción de mortero.	75
Figura 40 Elaboración de pilas de mampostería de adobe y colocación de capping.	76
Figura 41 Elaboración de muretes de mampostería de adobe y colocación de capping.	78
Figura 42 Instrumentación de unidades de adobe, para prueba de compresión simple.	84
Figura 43 Instrumentación de unidades de adobe para prueba de flexión en tres puntos.	87
Figura 44 Instrumentación de cubos de adobe para prueba de compresión simple.	91
Figura 45 Instrumentación de testigos cilíndricos de barro para prueba de tracción.	94
Figura 46 Instrumentación de testigos cilíndricos de mortero de barro para prueba de compresión.	98
Figura 47 Instrumentación de probeta de tres piezas de adobe con junta de 1.5 cm de espesor, para prueba de adherencia de mortero.	102
Figura 48 Instrumentación de probeta de dos piezas de adobe con junta de 1.5 cm de espesor, para prueba de tracción de mortero.	106
Figura 49 Instrumentación de la pila de mampostería de adobe para ensayo de compresión axial.	110
Figura 50 Instrumentación de la muretes de mampostería de adobe para ensayo de compresión diagonal.	116
Figura 51 En la imagen se aprecia la inmersión en agua de las unidades de adobe, para el ensayo de absorción.	129
Figura 52 Carga vs. Deformación de pilas de adobe con adición de 0.75% en peso de paja.	156
Figura 53 Carga vs. Deformación de pilas de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	158
Figura 54 Carga vs. Deformación de pilas de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	160
Figura 55 Carga vs. Deformación de pilas de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	162
Figura 56 Falla de tipo tracción en pila de adobe con 0.75% en peso de paja muestra (M-4).	165
Figura 57 Falla de tipo tracción y trituración en pila de adobe con 0.50% en peso de paja muestra (M-6).	165
Figura 58 Falla de tipo tracción y trituración en pila de adobe con 0.75% en peso de paja muestra (M-5).	166
Figura 59 Falla de tipo trituración en pila de adobe con 1.00% en peso de paja muestra (M-5).	166
Figura 60 Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe con 0.75% en peso de paja.	171
Figura 61 Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe con 0.75% en peso de paja.	171
Figura 62 Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe con 0.50% en peso de fibra de retama.	173
Figura 63 Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe con 0.50% en peso de fibra de retama.	173
Figura 64 Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe con 0.75% en peso de fibra de retama.	175
Figura 65 Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe con 0.75% en peso de fibra de retama.	175
Figura 66 Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe con 1.00% en peso de fibra de retama.	177
Figura 67 Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe con 1.00% en peso de fibra de retama.	177
Figura 68 Muretes con 0.75% de paja, falla por adherencia y combinada en muestra M – 04 y falla combinada y semi – diagonal en muestra M –06.	180



Figura 69 Muretes con 0.50% de fibra de retama, falla por adherencia y combinada en muestra M – 01 y M - 06.....	181
Figura 70 Muretes con 0.75% de fibra de retama, falla por adherencia y combinada en muestra M – 05 y M - 06.....	181
Figura 71 Muretes con 0.75% de paja, falla por combinada y semi - diagonal en muestra M – 03 y falla combinada en muestra M -04.....	182
Figura 72 Resistencia a compresión promedio de unidades de adobe por tipo.....	190
Figura 73 Resistencia a compresión de unidades de adobe.....	191
Figura 74 Resistencia a flexión en tres puntos promedio de unidades de adobe por tipo.....	192
Figura 75 Resistencia a flexión en tres puntos de unidades de adobe.....	193
Figura 76 Resistencia a compresión promedio de cubos de adobe por tipo.....	194
Figura 77 Resistencia a compresión de cubos de adobe.....	195
Figura 78 Resistencia a tracción promedio de testigos cilíndricos de barro por tipo.....	196
Figura 79 Resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro.....	197
Figura 80 Resistencia a compresión promedio de testigos cilíndricos de mortero de barro por tipo.....	198
Figura 81 Resistencia a compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro.....	199
Figura 82 Esfuerzo promedio de adherencia de mortero en unidades de tres piezas por tipo.....	201
Figura 83 Esfuerzo de adherencia de mortero en unidades de tres piezas.....	201
Figura 84 Resistencia a tracción promedio de probetas de dos piezas de adobe con.....	203
Figura 85 Resistencia a tracción de probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro.....	203
Figura 86 Resistencia a compresión axial promedio de pilas de mampostería de adobe por tipo.....	205
Figura 87 Resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe.....	205
Figura 88 Módulo de elasticidad promedio de pilas de mampostería de adobe por tipo.....	207
Figura 89 Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe.....	207
Figura 90 Resistencia a compresión diagonal promedio de muretes de mampostería de adobe por tipo.....	209
Figura 91 Resistencia a compresión diagonal de muretes de mampostería de adobe.....	209
Figura 92 Módulo de corte promedio de muretes de mampostería de adobe por tipo.....	211
Figura 93 Módulo de corte de muretes de mampostería de adobe.....	211
Figura 94 Costo de elaboración de unidades de adobe.....	213



INTRODUCCIÓN

El adobe es un material que se usa para construir viviendas desde la antigüedad en todo mundo, que fue usado desde los 8000 años A.C, definido como un ladrillo sin cocer fabricado de manera artesanal con tierra, agua y reforzado con fibras naturales para mejorar su resistencia para la construcción de viviendas más seguras.

La edificación con los adobes ha sido usada por muchos años en Latinoamérica y en gran parte de la Tierra debido a su economía y no se necesita de mucha tecnología para realizarlo ya que, es tan simple su estructura y reúne buenas propiedades para una buena construcción. (Herrera & Nuñez, 2021)

En el Perú existen 7 millones 698 mil 900 viviendas comunes, de este total, 2 millones 148 mil 494 viviendas particulares tienen como material predominante en sus paredes exteriores adobe o tapia, lo que representa el 27,9%.

A nivel departamental, Huancavelica tiene el mayor número de viviendas con paredes exteriores de adobe o tapial con 84 mil 835, que equivale al 82,4% del total de viviendas, seguido de Apurímac con 91 mil 752 viviendas (76,1%), Cajamarca con 264 mil 310 viviendas (70,3%) y Cusco con 217 mil 794 viviendas (67,3%), entre las principales.

En cambio, los departamentos de Loreto con 1 mil 334 viviendas particulares, que equivale al 0,7% del total de viviendas, Ucayali con 1 mil 84 viviendas (0,9%), Madre de Dios con 723 viviendas (1,8%), la Provincia Constitucional del Callao con 4 mil 505 (1,8%) y la Provincia de Lima con 52 mil 272 viviendas (2,4%), son los que presentan menor proporción de paredes exteriores de adobe o tapia en sus viviendas. (INEI, 2017)



En la actualidad, el uso de los materiales como la tierra con el cual se elabora el adobe, están siendo investigados en la mayor parte del mundo, el cual se evidencia en los estudios realizados con distintos tipos de estabilizantes, con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas mecánicas y sus diversas características. Los mismos materiales que usaron nuestros antepasados, que son los materiales de construcción no industriales, significa materiales locales fabricados utilizando un proceso simple y rápido, por ello podemos referirnos al bloque o ladrillo de adobe utilizando la tierra, arcilla, fibras naturales, arena y el agua; debido al significado que tiene la tierra cruda como material de construcción para el planeta; además, de presentar una alta disponibilidad de fácil acceso monetario por su comportamiento de inercia térmica y por razones culturales y climáticas.

En la actualidad, las vulnerabilidades de las viviendas con adobe en zonas rurales de Cusco están expuestas a las fallas de los desastres naturales, cambios climáticos y contaminación ambiental. En consecuencia, quienes corren el riesgo de alto índice de mortalidad son los adultos mayores y los niños debido a que es un material de baja resistencia a las inclemencias climatológicas; sin embargo, en el Perú se tiene como material bioconstructivo al adobe; este material no genera contaminación, mantiene su propiedad térmica y protege el medio ambiente.



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El adobe es un material que se ha empleado desde hace mucho tiempo en distintos lugares en donde el contexto fue adecuado como la presencia de materia prima, que para este caso sería la tierra. Aún es ampliamente empleada en distintas partes del mundo y en nuestro país generalmente en zonas rurales. “Sin embargo, en los últimos años el adobe ha sufrido un injusto descredito ante la llegada de los materiales de construcción industrial, pasando a considerarse como arcaico” (Griborio, 2017). “Debido a la intervención de agentes externos como la lluvia, viento y sismos, además de la naturaleza propia de los suelos con los que se elaboran” (Benites, 2017). Muchos estudios demostraron la baja resistencia de la mampostería de adobe frente a cargas de compresión axial y cargas de compresión diagonal. “Afortunadamente en la actualidad vuelve a renacer un interés en esta técnica constructiva a raíz de sus magníficas propiedades para conseguir edificaciones medioambientalmente más responsables” (Vazquez, 2016).

Por lo que en esta investigación se propone una opción para mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional con la adición de la fibra de retama. Debido a su origen natural, es utilizada para la elaboración de cuerdas, redes y textiles a través de la técnica del hilado; ya que una tira de estas fibras tiene una resistencia a la tracción considerable en comparación de otras. A esto hay que agregar que los residuos ocasionados por este material no son contaminantes, ya que por medio de un proceso natural de degradación se van reintegrando al suelo sin ninguna agresión para éste, puesto que es orgánico.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Problema General.

PG: ¿En qué medida influye el reemplazo de paja por fibra de retama en las propiedades mecánicas de Resistencia a compresión Axial y compresión Diagonal de la mampostería de adobe tradicional en Cusco?

1.2.2. Problemas Específicos.

PE1: ¿En qué medida influye la adición de 0.5%, 0.75% y 1% en peso de fibra de retama en la resistencia a compresión axial de pilas de adobe?

PE2: ¿En qué medida influye la adición de 0.5%, 0.75% y 1% en peso de fibra de retama en la resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que la retama y la tierra son materiales ecológicos y naturales que abundan en algunos lugares de la Región del Cusco; además que se tiene la disposición de esta materia prima en el lugar de construcción, se realiza esta investigación con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe, mediante reemplazo de paja por fibra de retama y así poder construir viviendas que tengan un mejor comportamiento sísmico, sean económicas y respetuosos con el medio ambiente.

En las zonas rurales de la región del Cusco tradicionalmente las viviendas son construidas a base de adobe, que es una mezcla de tierra y paja, debido a que estos materiales son de fácil acceso para el poblador; pero también existen otros aditivos naturales que abundan en el entorno del poblador como, por ejemplo, la retama. Esta planta es una especie silvestre que crece



en cantidad del cual se puede obtener su fibra, que es muy resistente a la tracción y es usada en la elaboración de cuerdas, redes y textiles; por ende, esta investigación busca cambiar la forma tradicional de elaboración de adobe, reemplazando la paja por la fibra de retama.

Para la obtención de la fibra de retama no se necesita mano de obra calificada y se extrae mediante el proceso de maceración, descortezado y rastrillado; para lo cual, el proceso es el siguiente. Se sumerge en agua hirviendo por un periodo de 30 min, luego sigue un proceso de maceración en inmersión en periodos de 4 a 10 días, para después retirarla de la corteza con el proceso de rastrille y finalmente dejarla secar.

La retama es una especie invasora, no solo crece rápidamente, sino que además es capaz de rebrotar después de una tala o incendio. Una sola planta es capaz de producir hasta diez mil semillas por temporada. La retama es de climas cálidos y templados, crece en valles y laderas en el Perú desde las costas hasta los 3500 m.s.n.m, es una especie rustica poco exigente en condiciones de suelo, por lo que no hay ningún tipo de terreno específico.

En vista que se deforestará la planta de retama para la extracción de su fibra, el cual se empleará en la elaboración de adobe, cada persona deberá hacer una reforestación que consiste en la siembra de la semilla de retama que se obtiene del fruto, en forma de vaina aplanada que contiene unas diez semillas de color marrón oscuro; la recolección de la semilla se puede hacer durante todo el año y se puede sembrar en cualquier época del año, de 3 a 4 kg/ha. La semilla germina aproximadamente después de 5 días de la siembra, el cultivo no requiere de mayores cuidados y la cosecha se da durante todo el año.



En la actualidad, las viviendas de adobe han sido reemplazadas por edificaciones de concreto armado por razones de seguridad estructural; sin embargo, el uso de estos materiales de construcción como el cemento, acero, ladrillo, genera contaminación ambiental al momento de su fabricación, es por tal razón que se busca alternativas donde se pueda implementar el uso de los materiales ecológicos presentes de la zona para las construcciones de viviendas medioambientales y con estas acciones se podría mitigar el incremento de calentamiento global. También estas viviendas de concreto tienen un menor confort térmico, con respecto a las que son construidas con adobe y puesto que el clima ha cambiado en los últimos años teniendo temperaturas muy bajas, sobre todo en la zona rural de la región del Cusco, es mejor tener una vivienda hecha de adobe.

Esta investigación tiene la finalidad de mantener la identidad cultural y legado histórico en nuestra sociedad mediante la conservación del patrimonio cultural hecho de adobe.

Es conveniente realizar esta investigación para proporcionar la información sobre la influencia del reemplazo de paja por fibra de retama en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional, ya que no existe estudios sobre la aplicación de esta, en el adobe.

Con esta investigación se dispone a dar solución al problema de la mampostería de adobe tradicional, las cuales tienen propiedades mecánicas no tan favorables. La aplicación del procedimiento se puede dar en zonas, donde la elaboración de los adobes con fibra de retama sea de fácil acceso.



1.3.1. Ventajas del uso del adobe tradicional

- La tierra para la fabricación del adobe es de fácil acceso para el usuario, ya que se encuentra en la zona de construcción de la vivienda.
- La construcción de vivienda con adobes resulta ser simple y de bajo costo.
- No necesita de mano de obra calificada, ya que en muchos casos se aplica la auto construcción.
- Las viviendas de adobe tienen excelentes propiedades térmicas, es decir en un clima caluroso al interior de una vivienda de adobe la temperatura disminuye y lo contrario ocurre en climas fríos.
- Las viviendas de adobe poseen buenas propiedades acústicas, debido al espesor del muro de adobe y la compacidad del adobe.
- El adobe es un material reciclable, es decir se puede rehusar las unidades de adobe de construcciones antiguas o se puede triturar las unidades y volver a usar la tierra.
- Al no requerir transporte, evita la contaminación por vehículos (Florez & Limpe, 2019, p.13)

1.3.2. Desventajas del uso del adobe tradicional

- Las construcciones de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones, por lo que requiere reforzamiento como el uso de aleros amplios de techos, zócalos y sobrecimientos.
- El área en planta de los muros ocupa demasiado espacio.



- El ancho de los vanos es limitado.
 - Las construcciones de adobe están limitadas en la altura por lo general solo alcanzan dos pisos y en algunos casos un tercero, pero con material liviano, como la quincha.
- (Florez & Limpe, 2019, p.13)

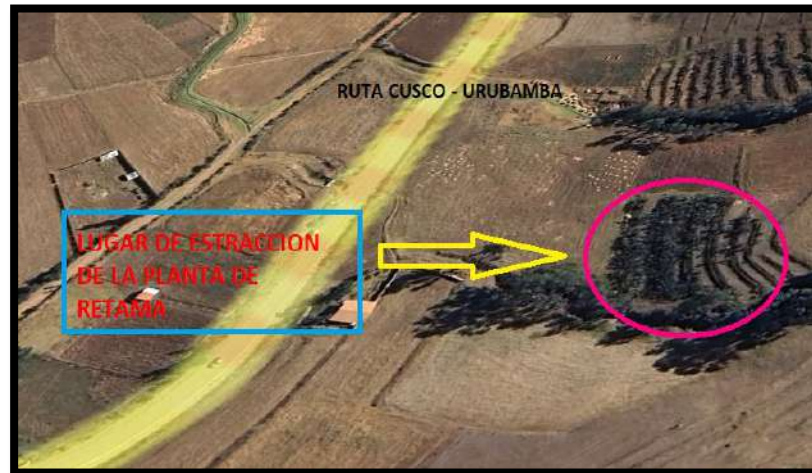
1.4. DELIMITACIÓN, LIMITACIONES Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Delimitación

- La presente investigación se lleva a cabo durante el año 2023.
- La presente investigación se realiza en la ciudad del Cusco, exactamente en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la UNSAAC.
- El suelo extraído proviene de los alrededores del laboratorio de mecánica de suelos. Con los ensayos elaborados según la clasificación SUCS el suelo es de tipo Arcilla con L.L < 50 % (CL), de color claro brillante, con un LL = 34%, LP = 22%, IP = 12% y con un 36% de arena.
- Los aditivos naturales como la paja y planta de retama fueron obtenidos de zonas de acuerdo a su venta y su facilidad de extracción, para este caso se compró la paja en el distrito de San Jerónimo, provincia del Cusco; la planta de retama se extrajo del distrito de Maras, provincia de Urubamba, en la ruta Chinchero – Urubamba y la extracción de la fibra de retama, se realizó en una vivienda ubicada en el distrito San Sebastián, provincia de Cusco, debido a la disposición de herramientas manuales.

Figura 1

Ubicación del lugar donde se obtuvo la planta de Retama



Nota. Se extrajo la planta de retama en la ruta Chinchero – Urubamba.

Figura 2

Ubicación del lugar de estudio de la investigación.



Nota. En la imagen se muestra el laboratorio de Mecánica de suelos.



1.4.2. Limitaciones

- Inexistencia de las normas y controles de calidad, en el proceso de elaboración de unidades de adobe con adición de fibra de retama.

1.4.3. Viabilidad.

- Se hizo uso del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, para realizar los respectivos ensayos.

- Disposición de los recursos financieros por parte del tesista, para la realización de esta investigación.

- Accesibilidad y fácil extracción del suelo de la zona de estudio de la investigación y de fibras naturales como la fibra de retama extraída del distrito de Maras, provincia de Urubamba.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivos generales

OG: Determinar la influencia de reemplazo de paja por fibra de retama en las propiedades mecánicas de Resistencia a compresión Axial y compresión Diagonal de la mampostería de adobe tradicional en Cusco.

1.5.2. Objetivos específico

OE1: Determinar el valor de la resistencia a compresión axial en pilas de mampostería de adobe tradicional.



OE2: Determinar el valor de la resistencia a compresión axial en pilas de mampostería de adobe con adición de 0.5%, 0.75% y 1% en peso de fibra de retama, cuyo mortero para las juntas, tendrá la misma dosificación de fibra de retama.

OE3: Determinar el valor de la resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe tradicional.

OE4: Determinar el valor de la resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.5%, 0.75% y 1% en peso de fibra de retama, cuyo mortero para las juntas, tendrá la misma dosificación de fibra de retama.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel regional

En el distrito de Saylla, Alex (2020) en su tesis “Evaluación comparativa de las propiedades físico-mecánicas de la unidad de adobe reemplazando paja por fibra de polipropileno, frente al adobe elaborado en el distrito de Saylla-Cusco”, tiene por objetivo principal evaluar las propiedades físicas-mecánicas del adobe, reemplazando paja por fibra de polipropileno sikacem al 95%, 100% y 105% en relación con el peso de fibra de paja, con el fin y propósito de obtener un producto final de adobes más estabilizados.

La metodología de la investigación tuvo un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo con implicancias correlaciones, método hipotético-deductivo y diseño cuasi experimental, el método de muestreo fue por conveniencia, puesto que se elaboraron los elementos muestrales, donde la población y la muestra coinciden, siendo en total 96 unidades, 72 unidades de adobe con fibra de polipropileno sikacem y 24 unidades de adobes, con ello se buscó mejorar las propiedades físicas y propiedades mecánicas de las unidades de adobe, mediante el uso de normas técnicas como NTP E-080, NTP E-070, NTP 399.613, NTP 339.604, NTP 339.078 y formatos para la recolección de datos, protocolos de observación de campo, guías de observación de laboratorio; posteriormente se procedió a realizar los ensayos de las propiedades físicas como variación dimensional, alabeo y ensayo de las propiedades mecánicas como porcentaje de absorción de agua, erosión acelerada de Swin Burne (SAET), resistencia a compresión y resistencia a flexión, dichos ensayos se realizaron a los 28 días.



Realizado los ensayos de laboratorio se obtuvo que las unidades de adobes reemplazados paja por fibra polipropileno con 100% y 105% en peso, varía hasta 5% y 5.5% respectivamente de su variación dimensional, no varía el porcentaje de alabeo, varía hasta un 5% el porcentaje de absorción de volumen de agua, la erosión acelerada es menor hasta en un 10%, la resistencia a flexión es mayor hasta un 5% y la resistencia a compresión es mayor hasta un 10%, comparado con las unidades de adobe tradicional (Antay, 2020).

2.1.2. A nivel nacional

En el departamento de La Libertad, Tayabamba, Yelsin (2019) en su tesis “Análisis físico-mecánico del adobe con la aplicación de fibra de totora, tayabamba-2018”, tiene como finalidad establecer la relación entre el análisis físico-mecánico del adobe, con respecto al porcentaje de adición de fibra de totora, en el distrito de Tayabamba. La metodología desarrollada es de tipo aplicada; así mismo, el diseño es experimental. Los porcentajes de fibra de totora añadidos en la elaboración del adobe son de 1.5%, 3.0% y 4.5% con respecto al peso seco de la muestra del suelo.

Se concluye que la aplicación de fibra de totora en comparación al adobe patrón, mejora positivamente la resistencia a la compresión, cuyos resultados son 45.02 kg/cm², 46.26 kg/cm² y 56.51 kg/cm², respectivamente. Disminuye la resistencia a flexión del adobe con resultados de 2.47 kg/cm², 1.79 kg/cm² y 1.84 kg/cm². Se tienen resultados de 19.03%, 18.04% y 16.93% de absorción, los cuales son inferiores a 21.36% de absorción del adobe patrón (Campos, 2019).

En el departamento de Junín, Huancayo, Willy (2022) en su tesis “Efectos de la fibra de retama en muros portantes de albañilería de ladrillo de arcilla, distrito de Huancayo, Junín-2022”, tiene como objetivo determinar cómo influye la adición de fibra de retama en las



propiedades físico-mecánicas en muros portantes de albañilería de ladrillo de arcilla, distrito de Huancayo, que se encuentra en una zona sísmica 3.

La metodología se usó la investigación aplicada, de diseño experimental, en donde se evaluarán los resultados de las unidades de albañilería como en pilas y muretes con la adición de fibra de retama, como refuerzo externo en muros portantes. La población está compuesta por 800 unidades de albañilería en muestras de pilas y muretes. Los resultados fueron favorables en cuanto a los ensayos físicos como variación dimensional, alabeo, succión y absorción. En cuanto a los ensayos mecánicos hubo mejoras en la resistencia con respecto a la muestra patrón que, a los 28 días, su resistencia es de 63.52 kg/cm² incrementando en 15% respecto a lo establecido por la norma, con la dosificación de 1% de fibra de retama se incrementó en 19%, con la dosificación de 1.5% de fibra de retama se incrementó en 23%, con la dosificación de 2% de fibra de retama se incrementó en 30%, con la dosificación de 2.5% de fibra de retama se incrementó en 42%. Las conclusiones de la investigación muestran mejoras en las propiedades físicas y mecánicas en unidades de albañilería y muretes aumentado hasta un 100% con la dosificación de 2.5% de fibra de retama (Solis, 2022).

En el departamento de Junín, Chonta, Anghi (2020) en su tesis “Elaboración del adobe adicionando cal y fibra de eucalipto para mejorar las propiedades mecánicas y termodinámicas, Chonta - Huancayo, Lima 2020”, se tiene que la elaboración del adobe con adición de cal y fibra de eucalipto influye en las propiedades mecánicas y termodinámicas. Se pudo observar que efectivamente la cal en proporciones de 5%, 7% y 9% mejora las propiedades mecánicas del adobe y la fibra de eucalipto en la proporción de 3.5% mejora las propiedades termodinámicas.



Se concluye que adicionando cal en los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% mejora su resistencia a compresión en un 9.24%, 13.50%, 20.37% y 31.85% respecto a la resistencia del adobe tradicional. La resistencia a la flexión aumenta en 6.17%, 10.47% y 14.77% respecto al adobe tradicional. El adobe con adición de fibra de eucalipto en porcentajes de 2%, 3.5% y 5% aumentaron su resistencia a compresión en 59.88%, 62.45% y 111.13% respecto al adobe tradicional. Al adicionar porcentajes de 2%, 3.5% y 5% de fibra de eucalipto a un adobe sin compactar su resistencia reduce en un 0.87%, 0.75% y 11% respecto al adobe tradicional. Al adicionar fibra de eucalipto al adobe en relación del 1:2 resultó un coeficiente de conductividad de 0.045 W/m^ok que quiere decir que tiene una mejor absorción al calor (Chuna, 2020).

En el departamento de San Martín, San Ignacio, Darbwin & Charlie (2021) en su tesis “Influencia de la fibra de caña de azúcar, en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe, San Ignacio 2021”, el objetivo general es analizar la influencia de la incorporación de 5.88% y 11.76% de fibra de caña de azúcar en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe.

El tipo de la investigación es aplicada y el diseño es experimental, debido a que se evaluará el comportamiento de las distintas proporciones para la dosificación del adobe con incorporación de fibra de caña de azúcar, siendo desarrollada bajo ensayos de laboratorio, granulometría y compresión de testigos de adobe, con diferentes porcentajes de incorporación de fibra de caña de azúcar.

Nuestra población en estudio fue de 12 testigos rectangulares de adobe. Aplicando la Norma E-80 de Tierra Reforzada. Se concluye que con dichos porcentajes se llegó a la



resistencia en 28 días de, 5.88% a 31.00 Kg/cm² y con el 11.76% a 44.00 Kg/cm², el cual supera la resistencia a la compresión mínima del adobe según la norma E-080 (Herrera & Núñez, 2021).

2.1.3. A nivel internacional

En la ciudad de Ambato - Ecuador, Llumitasig & Maritza (2017) en su tesis “Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala”, realizaron 10 combinaciones con los aditivos mencionados, la combinación realizada fue a base de savia de penca de tuna o sangre de toro, para evitar la coagulación de la sangre y el desecamiento de la savia de penca de tuna se dejó reposar la mezcla de manera tradicional. Se realizaron 6 muestras de cada combinación, las cuales se elaboraron de forma y dimensiones según el Proyecto de Actualización Norma E.080, después se ensayaron acorde al mismo.

Al final se pudo determinar que los adobes estabilizados con estiércol de vaca alcanzaron una resistencia a compresión de 10,21kg/cm² a los 30 días, evidenciando un incremento. Los adobes estabilizados con sangre de toro obtuvieron una resistencia a compresión de 10,36 kg/cm² a los 30 días, se registró un incremento en su resistencia a compresión del 5,28% con respecto al adobe básico. Los adobes estabilizados con sangre de toro y estiércol de vaca alcanzaron una resistencia a compresión de 11,29 kg/cm² a los 30 días, logrando un incremento de la resistencia a compresión del 14,74% con respecto al adobe básico. Los adobes estabilizados con savia de penca de tuna alcanzaron una resistencia a compresión de 10,26 kg/cm² a los 30 días, incrementando su resistencia a compresión en 4,27% con respecto al adobe básico. Los adobes que fueron estabilizados con savia de penca de tuna, paja y estiércol de vaca consiguieron una resistencia a compresión de 10,48 kg/cm² a los 30 días, evidenciándose un incremento en su



resistencia a compresión del 6,50% con respecto al adobe artesanal básico (Ureña & Llumitasig, 2017).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Adobe tradicional

2.2.1.1. Características del adobe tradicional.

Idealmente, el adobe tradicional está conformado por una mezcla de arcilla, limo, arena y agua; debido a la pérdida de agua en el secado del adobe, estos elementos pierden estabilidad y pueden ser vulnerables ante agentes externos como la lluvia, erosión; por lo que, generalmente debe ser protegido mediante la construcción de techos (Arce & Arodriguez, 2014).

Las investigaciones de la elaboración de unidades de adobe han mostrado que:

- El uso del adobe en la construcción de viviendas ocasiona un gran confort térmico; por lo que, sirve de regulador de la temperatura interna; en verano retiene el frío y durante el invierno el calor interno.

- Si el secado del adobe ocurre a la intemperie en contacto directo al sol, el agrietamiento es mayor.

2.2.1.2. Fabricación del adobe tradicional.

En el Perú y en especial en la zona andina, el poblador fabrica sus adobes para construir su vivienda. El proceso no ha cambiado primordialmente desde que el hombre construyó su vivienda con el inicio del uso del adobe. El primer paso es la extracción del suelo a la que se elimina manualmente la materia orgánica y residuos sólidos; después se realiza una mezcla con agua y paja u otras fibras naturales que sirven para adherir toda la masa de barro para evitar el



agrietamiento al secar, aunque en ocasiones le adicionan algún aditivo natural; luego la mezcla se deja dormir durante uno o dos días. La masa resultante se vacía sobre una superficie cubierta de paja, se coloca la masa de barro en una adobera y se desmoldan al instante; sin estar suficientemente secos los adobes se colocan en posición de canto para que se oreen por ambas caras, se deja secar en la sombra por lo general entre 28 y 30 días aproximadamente; se controla el secado ya que debe ser lento para evitar el agrietamiento. Las dimensiones óptimas deben ser tales que el operador pueda manipularlo con facilidad.

Selección de la tierra adecuada

El morador utiliza el material del sitio comúnmente; sin embargo, para fabricar adobes de buena calidad implica realizar como primer paso una adecuada elección de suelo. Para tal fin, existen una serie de pruebas de campo como las pruebas del rollito, la botella, la bolita, la cinta de barro entre otros; estas pruebas permiten seleccionar suelos adecuados. Es importante que no se presente materia orgánica en el suelo seleccionado para elaborar adobes, puesto que ésta aumenta en gran medida la contracción de los adobes y baja su resistencia al generar espacios vacíos debido a su proceso de descomposición. En muchas situaciones se suele usar la tierra de terrenos de cultivo, con el riesgo de presentar materia orgánica; por ello se quita inicialmente la capa superficial que abarca la materia orgánica y se emplean las capas más profundas situadas a unos sesenta centímetros del nivel de la superficie.

A. Preparación del barro

Escogida la tierra adecuada para la preparación de los adobes, se le añade agua y luego permanece en reposo por el lapso de uno o dos días, este acto se denomina “dormir el barro”, para que el agua ingrese totalmente en las partículas de arcilla.

B. Mezclado

Primero se extrae las piedras y otros elementos extraños como raíces o residuos sólidos; luego se añade agua poco a poco, realizándose el mezclado con palas y amasando con fuerza el barro con los pies (pisado), se va adicionando paja a la mezcla de barro para controlar el agrietamiento de las unidades de adobes al secar.

Figura 3

Preparación y mezclado del barro.



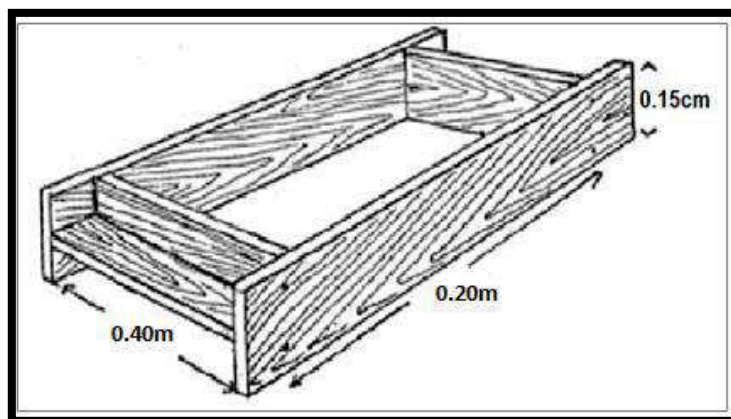
Nota. En la imagen se muestra el pisado del barro, para así tener una mezcla homogénea.

C. Moldes de adobe

El proceso de preparación de los adobes se realiza con el uso de adoberas. Las medidas de ancho, largo y altura varían dependiendo de la zona geográfica; en la región del Cusco son muy comunes los adobes de 40 o 50 cm de largo. Las adoberas están fabricadas por lo general de madera corriente o misa de 1 pulgada de espesor. La adobera después de desmoldar la unidad de adobe, se debe limpiar y mojar con agua para evitar que el barro se pegue y así obtener el siguiente adobe uniforme.

Figure 4

Adobera de madera.



Nota. Los moldes para la elaboración de adobes, son de 40 o 50 cm de largo.

D. Tendal

El tendal es un área para el secado de los adobes, que debe estar limpia, nivelada y lo suficientemente extensa para abarcar la fabricación de varios días. En el Cusco generalmente el tendal es una superficie de suelo nivelado.

En ciertos casos en la sierra se suele colocar una capa de paja en el tendal y en la costa se usa una capa de arena que evita la adherencia de elementos extraños o la adherencia entre el adobe y el tendal, que podría generar grietas y fisuras. (Florez & Limpe, 2019)

Figura 5

Tendal de triplay fenólico.



Nota. El tendal debe estar nivelado y debe tener una superficie lisa.

E. Secado del adobe

El secado puede tardarse de 2 a 4 semanas ya que depende del clima. Si el clima es muy caluroso, los adobes se deben secar bajo sombra durante los primeros dos días, para evitar una contracción brusca que podría generar agrietamientos. Se colocarán los adobes en posición de canto, para que el secado sea rápido y uniforme después de 1 día de su desmolde.

Figura 6

Secado del adobe



Nota. El secado debe hacerse en sombra, para evitar una brusca contracción.

2.2.2. Retama

Nombre científico *Casia reticulata* Willd y nombre común: Sapechihua, Salpichihua, Sapechihuayo, Shunashut, Basraslabrii. Es un arbusto perteneciente a la familia de las Fabáceas, es originaria del norte de África y de la península ibérica. En nuestro continente está distribuida desde México hasta Bolivia; en el Perú crece en valles y laderas desde las costas hasta los 3500 m.s.n.m. La retama es de climas cálidos y templados. “Es un arbusto muy ramificado de hoja perenne que alcanza los 3 metros de altura, sus tallos presentan pequeñas hojas sencillas lanceoladas. Tiene flores de color amarillo brillante de unos 2.5 cm de largo, se presentan en racimos y son muy olorosas. Su fruto es una vaina aplanada de 4 a 8 cm de longitud que contiene unas 10 semillas” (TEXTILIDEAS, 2016, párrafo quinto).

Es una especie rústica de climas cálidos y templados poco exigente en condiciones de suelo; habita en terrenos arenosos, secos, inundables, no inundables, chacras nuevas y pastizales, en campo abierto y sombreado. Es resistente a la inundación; su siembra y cosecha es en cualquier época del año, el cual no requiere mayores cuidados. La propagación se da mediante semilla sexual, que germina aproximadamente después de 5 días (MIDAGRI, 2021).

Figura 7

Vivienda de adobe y planta de retama



Nota. En la imagen se aprecia la construcción reciente de una vivienda de adobe y al lado de esta, la retama, siendo esta planta de fácil obtención el cual puede reemplazar a la paja con el cual se elabora los adobes tradicionales.

2.2.2.1. Fibra de Retama

Son fibras cortas que se extraen de los tallos de color verde intenso de formación redondeada, la fibra se encuentra en la corteza debajo de la epidermis. La extracción de la fibra



se lleva a cabo por maceración, descortezado, agramado y rastrillado de una manera similar a la extracción de la fibra del lino (textiltecnologia2014, 2014).

2.2.2.1.1. Características de la fibra de Retama.

La fibra contiene un porcentaje no inferior del 70 de celulosa; es muy resistente al agua y no se altera, aunque después de un periodo largo de inmersión resiste muy bien al agua marina, por eso es empleada en redes y cuerdas. A la luz, también es muy resistente como al resultado la prueba de irradiación con rayos ultravioletas. Es fácilmente teñible, tiene un gran poder de absorción; tiene un bajo peso específico en relación al lino 7/10. Soporta bien la lavandina a base de hipoclorito y se merceriza bien adquiriendo mayor lucidez. El grado de hilabilidad es bueno, la fibra es elástica y muy resistente a la tracción; la resistencia del hilo de genista es similar a la del cáñamo o del lino (TEXTILIDEAS, 2016, párrafo vigésimo segundo)

2.2.2.1.2. Usos de la fibra de Retama.

- La fibra de Retama es óptima para la industria textil por asemejarse a la del lino con una característica más rústica, con un peso específico menor; se utiliza en la fabricación de sabanas y en la elaboración de cuerdas.

- Se puede utilizar en el sector edil por tener propiedad de aislamiento acústico y térmico, se adapta para la realización de paneles aislantes por el alto porcentaje de celulosa con la parte leñosa de la planta con un contenido natural de lignina útil como pegamento.

- La elevada área superficial y la polaridad de la fibra de retama, la consideran idónea para la producción de filtros, que tienen la capacidad de absorber iones de metal pesado, aceites y sustancias volátiles; pueden ser utilizados para el tratamiento del agua potable o de descargas industriales.

- Se emplea en la jardinería por varios motivos; mejora el terreno contribuyendo a enriquecerlo de azufre y tiene abundante cantidad de flores perfumadas de color amarillo.
- De las flores es posible extraer oleo esencial para la fabricación de perfume y del color amarillo natural para la tintura del cabello.
- Por su característica de uso ecológico es utilizada en la reconstrucción de bosques en zonas degradadas o desnudas, consolida el suelo de dunas, pendientes y escarpadas, especialmente en escarpadas de las autopistas y ferroviarias.
- Es usada en la estabilización de suelos, debido que es capaz de fijarse en el suelo, su gran capacidad adaptativa es usada para estabilizar terrenos con riesgo de erosión.
- En la medicina se utiliza la esparteína, un alcaloide para el corazón que tiene acción diurética. La retama tiene propiedades purgantes y su látex se aprovecha como anti verrugoso (TEXTILIDEAS, 2016, párrafo vigésimo tercero).

Figura 8

Fibra de Retama



Nota. En la imagen se aprecia la fibra de retama, obtenida del proceso de maceración, descortezado, agramado y rastrillado.



2.2.3. Propiedades mecánicas de la unidad de adobe

A continuación, citaremos las propiedades mecánicas más representativas de la unidad de adobe.

2.2.3.1. Variación Dimensional.

Según la Norma NTP 399.613,2005. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería y NTP 399.604,2022, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, el objetivo de esta prueba es determinar el porcentaje de variación de las dimensiones de la unidad de adobe (largo, ancho y altura), dado que estas varían significativamente durante el secado, debido a la pérdida de agua y por la contracción de la arcilla presente (Norma Técnica Peruana [NTP], 2005).

2.2.3.2. Absorción.

Según la Norma y NTP 399.604,2002, UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de albañilería de concreto, el objetivo de esta prueba es conocer la capacidad de absorción de agua de las muestras a ser ensayadas, cuando estas son sumergidas totalmente en agua durante un periodo de 24 horas, en el cual alcanzan un estado de saturación (Norma Técnica Peruana [NTP], 2002).

2.2.3.3. Resistencia a la Compresión.

Según la Norma NTP 399.613,2005. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería; el valor de esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen y la máxima carga indicada por la máquina de ensayo. La resistencia a



compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería. (NTP, 2005).

2.2.3.4. Resistencia a la tracción por flexión.

Según la Norma ASTM C – 67. Norma de métodos de prueba estándar para muestreo y prueba de ladrillos y tejas de arcilla estructural

. Se ejecuta en la máquina de compresión sobre una unidad de adobe entera, la cual se apoya en una luz y se carga en el centro; el ensayo consiste en producir un esfuerzo de tracción por flexión hasta la ruptura de la unidad (American Society for Testing and Materials, s.f.).

2.2.3.5. Resistencia a la Compresión en cubos de adobe.

Según la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada”, la resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista. La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: $f_o = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$. Los cubos de adobes deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS], 2017).

2.2.3.6. Resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro.

Según la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada”, la resistencia se debe medir mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6” x 12” o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo, teniendo una resistencia última de $0.08 \text{ MPa} = 0.81 \text{ kgf/cm}^2$. Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes y un secado



cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada (MVCS, 2017).

2.2.4. Propiedades mecánicas del mortero de barro

El mortero es el material que une las unidades de adobe para formar la mampostería, en las construcciones de adobe se hace con el mismo material usado para fabricar las unidades, en algunos casos se le agrega arena gruesa, paja o aditivos naturales para controlar las fisuras, por lo que es necesario conocer sus propiedades mecánicas.

2.2.4.1. Resistencia del mortero a compresión.

Según la Norma NTP 399.613,2005. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, la resistencia a compresión es la carga máxima por unidad de área de la superficie de contacto, a la cual una probeta de mortero de barro cilíndrica o prismática falla en el ensayo de compresión simple (NTP, 2005).

2.2.4.2. Adherencia del mortero.

Según (Menendez, 1946), la adherencia es una característica propia de los morteros de albañilería, es la propiedad que poseen los morteros de adherirse a los materiales con los cuales están en contacto. El procedimiento de ensayo se realiza según la Norma Mexicana NMX-C-082C1974. “Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas” (NMX-C-082-1974).

2.2.4.3. Resistencia del mortero a la tracción.

Según la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada”, la resistencia se debe medir mediante el ensayo de morteros a tracción indirecta, en probetas de dos adobes



unidos por mortero de barro con o sin aditivos naturales, sujetos a compresión de manera similar al ensayo brasileño, teniendo una resistencia última de $0.012 \text{ MPa} = 0.12 \text{ kgf/cm}^2$. Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada (MVCS, 2017).

2.2.5. Propiedades mecánicas de la mampostería de adobe

Las propiedades mecánicas que más destacan son la resistencia a compresión en pilas y la resistencia a compresión diagonal en muretes.

2.2.5.1. Resistencia de la mampostería de adobe a compresión axial.

Según la Norma NTP 399.605,2013. Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería; la resistencia a compresión axial de la mampostería de adobe es importante, porque mide la máxima carga axial por unidad de área neta de sección transversal que puede soportar la mampostería en un estado de compresión pura. Se calcula mediante el ensayo de compresión axial sobre especímenes de mampostería (pilas) (Norma Técnica Peruana [NTP], 2013).

2.2.5.2. Resistencia de la mampostería de adobe a compresión diagonal.

Según la Norma NTP 399.621,2004. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería; esta norma establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia de la compresión diagonal (corte) en muretes de albañilería de dimensión mínima de $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal, originando de esa manera una falla por tracción diagonal que hace que el murete se fisure en la dirección paralela a la aplicación de la carga. La resistencia máxima a compresión diagonal de la mampostería de adobe es importante porque este



valor caracteriza el comportamiento de los muros ante la acción de fuerzas laterales en su plano.

Se calcula mediante el ensayo de compresión diagonal de muretes (Norma Técnica Peruana [NTP], 2004).

Tabla 1

Esfuerzos mínimos de rotura de ensayos de resistencia mecánica.

TIPO DE MUESTRA	ENSAYO DE LABORATORIO	ESFUERZO MINIMO DE ROTURA SEGÚN NORMA E-080
Unidad de adobe	Compresión simple	10.2 kg/cm ²
Cilindro de barro	Tracción	0.81 kg/cm ²
Cilindro de mortero de barro	Compresión simple	10.2 kg/cm ²
Junta de mortero de barro	Resistencia a la tracción	0.12 kg/cm ²
Pila de adobe	Compresión axial	6.12 kg/cm ²
Murete de adobe	Compresión diagonal	0.25 kg/cm ²



CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis general

HG: El reemplazo de paja por fibra de retama modifica las propiedades mecánicas de Resistencia a compresión Axial y compresión Diagonal de la mampostería de adobe tradicional en Cusco.

3.1.2. Hipótesis específicas

HE1: La adición de 0.5%, 0.75% y 1% en peso de fibra de retama en el abobe y juntas, en pilas de abobe, mejorará la resistencia a compresión axial con respecto a la resistencia a compresión axial de pilas de adobe tradicional, cuyo esfuerzo mínimo es 6.12 kg/cm² según la norma del Reglamento Nacional de Edificaciones E-080, así como también mejorará el comportamiento sísmico.

HE2: La adición de 0.5%, 0.75% y 1% en peso de fibra de retama en el abobe y juntas, en muretes de abobe, mejorará la resistencia a compresión diagonal con respecto a la resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe tradicional, cuyo esfuerzo mínimo es 0.25 kg/cm² según la norma del Reglamento Nacional de Edificaciones E-080, así como también mejorará el comportamiento sísmico.

3.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.2.1. Variables independientes (X)

- Cantidad de fibra de retama.



3.2.2. Variables dependientes (Y)

- Resistencia a compresión axial.

- Resistencia a compresión diagonal.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Para la presente investigación, se consideraron una variable independiente (cantidad de fibra de retama) y dos variables dependientes (resistencia a compresión axial y resistencia a compresión diagonal).

Tabla 2

Operacionalización de variables.

VARIABLE		DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICION	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE (X)	Cantidad de fibra de retama	Dosificación	Adobe sin adición de fibra de retama (Adobe tradicional con 0.75% en peso de paja).	Kg (paja seca)	Balanza
			Adobe con adición de 0.5%, 0.75% y 1.0% en peso de fibra de retama.	Kg (fibra de retama seca)	Balanza
DEPENDIENTE (Y)	Resistencia a compresión axial	Propiedades Mecánicas	Esfuerzo de compresión axial	Kg-f/cm ²	Equipo de compresión. Norma E.080 (Diseño y Construcción con tierra reforzada, 2017)
	Resistencia a compresión diagonal		Esfuerzo de compresión diagonal	Kg-f/cm ²	Equipo de compresión. Norma E.080 (Diseño y Construcción con tierra reforzada, 2017)



CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología es del tipo Cuantitativo, se debe a que las variables que conforman esta investigación se someten al proceso de recolección, medición numérica y análisis de datos; con la finalidad de consignar patrones en el comportamiento de la adición de fibra de retama en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional.

La investigación al ser realizada en un segmento de tiempo durante el año al fin de medir o caracterizar la situación en este tiempo, esta es de tipo Transversal.

4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Se considera a esta investigación explicativa, porque para obtener los resultados de las pruebas realizadas a los adobes con adición de fibra de retama fueron alcanzados mediante procesos experimentales en el laboratorio, para luego ser analizados y explicados. Es más que explicar conceptos y fenómenos, o establecer relaciones entre conceptos; es decir, está dirigido a respuestas causales a eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre indica, pretende explicar por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se presenta o por qué se encadenan dos o más variables.

4.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de diseño cuasi - experimental debido a la comparación entre las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional y la mampostería de adobe con fibra de retama. Se manipula la cantidad de fibra de retama (variable independiente) en tres porcentajes con respecto al peso seco del suelo, además se mantiene constante las proporciones de suelo y agua; se determina la influencia de la cantidad de fibra de retama que tiene en las



propiedades mecánicas de la mampostería de adobe (variable dependiente), esto se realiza con la finalidad de observar los resultados de las diferencias generadas por la variable independiente.

Es la estructura esquematizada que relaciona y controla las variables de estudio con el fin de cumplir los objetivos de la investigación; a continuación, se muestra el esquema general del procedimiento necesario para la investigación:



4.3.1. Descripción y cuantificación de muestra

Se ensayaron un total de 264 muestras entre unidades de adobes, cubos de barro, cilindros de barro, cilindros de mortero de barro, pilas y muretes de adobe tradicional con paja y con fibra de retama; las pilas y muretes fueron elaborados con unidades de adobe de 26 x 13 x 9 cm, cuyas



dimensiones cumplen con lo establecido en la Norma vigente E.080, 2017. Se consideró realizar seis especímenes por cada variable para las diferentes pruebas, según lo indicado en la Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada; de igual manera se hizo el cálculo del número total de especímenes de unidades de adobe necesarios para realizar todas las pruebas programadas que es un total de 607 unidades de adobe que se obtiene de la relación del volumen total de todos los especímenes y el volumen de una unidad de adobe; el número total de muestras se detallan a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 3

Descripción y cuantificación de los especímenes por cada tipo de muestra.

Ensayos	Especimen	Dimensiones del especimen (cm)	N° de muestras por variable (% en relación al peso seco de la muestra)				N° Muestras totales
			0.75% paja	0.50 % fibra de retama	0.75 % fibra de retama	1.00 % fibra de retama	
Variación Dimensional	Adobe	26x13x9	6	6	6	6	24
Absorción	Adobe	26x13x9	6	6	6	6	24
Resistencia a compresión	Cubos	10x10x10	6	6	6	6	24
Resistencia a compresión	Adobe	26x13x9	6	6	6	6	24
Resistencia a flexión en tres puntos	Adobe	26x13x9	6	6	6	6	24
Resistencia a tracción	Cilindro	15x30	6	6	6	6	24
Resistencia del mortero a compresión	Cilindro	5x10	6	6	6	6	24



Ensayo de la adherencia del mortero	Pila	26x31.5x13	6	6	6	6	24
Resistencia del mortero a la tracción	Pila	13x26x19.5	6	6	6	6	24
Resistencia a compresión axial	Pila	26x40.5x13	6	6	6	6	24
Resistencia a compresión diagonal	Murete	53.5x53.5x13	6	6	6	6	24
Número total de muestras a ensayar							264

4.3.2. Ensayos preliminares para selección de suelo adecuado para la elaboración de adobe

Para la selección de la tierra se consideró el suelo cercano al laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la facultad de Ingeniería Civil de la UNSAAC, en donde se realizó las pruebas de campo respectivos, que se describen a continuación:

4.3.2.1. Prueba de color.

Se observa el color del suelo seleccionado, en el cual se tiene los principales indicadores: el color negro, correspondería a suelos orgánicos, claros y brillantes a suelos inorgánicos, gris claro a suelos limosos poco cohesivos, rojo a suelos con presencia de óxidos de hierro. En nuestro caso, el suelo es de color claro y brillante, el cual se considera apto.

Figura 9

En la imagen se aprecia el color del suelo seleccionado.



4.3.2.2. Prueba dental.

Se muele levemente una pizca de suelo entre los dientes; en el cual, si las partículas son duras, rechinan entre los dientes y se tiene una sensación desagradable, corresponde a suelos arenosos; si las partículas son más pequeñas y rechinan ligeramente, corresponde a suelos limosos; si no rechinan y son suaves y quebradizos, corresponde a suelos arcillosos. En nuestro caso al realizar la prueba, el suelo seleccionado es arcilloso (Urbano, 2001).

Figura 10

Prueba dental del suelo seleccionado.



4.3.2.3. Prueba olfativa.

Se aprecia el olor del suelo; si el olor es rancio el suelo es orgánico, el cual no es apto. En nuestro caso al oler el suelo, este no emanó algún olor con características a podrido de materia orgánica, por lo que es apto (Urbano, 2001).

Figura 11

En la imagen se aprecia la prueba de olor del suelo seleccionado.



4.3.2.4. Prueba de brillo.

Se corta a la mitad con cuchillo una muestra de suelo amasada en forma de esfera. Si la tonalidad es opaca, corresponde a suelos arenosos; si la tonalidad es mate, corresponde a suelos limosos con poca arcilla; si la tonalidad es brillante, corresponde a suelos arcillosos. En nuestro caso se obtuvo una tonalidad brillante.

Figura 12

Prueba de brillo.



Nota. Se realiza el corte de una esfera húmeda de suelo.

4.3.2.5. Prueba de enrollado o cinta de barro.

Según la norma E.080, esta prueba se realiza para verificar si la tierra seleccionada contiene adecuada presencia de arcilla.

Se toma una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, se coloca en la mano, se empieza a aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice formando una cinta de 4 mm de espesor y se deja descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso; si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla. En nuestro caso se observó que el material

seleccionado alcanza una longitud de 12 cm, que está dentro de los rangos permisibles por dicha norma (MVCS, 2017).

Figura 13

Prueba de enrollado.



Nota. Elaboración del cilindro de barro o cinta de barro.

4.3.2.6. Prueba de resistencia seca.

Según la norma E.080, esta prueba se realiza para verificar si la tierra seleccionada contiene adecuada presencia de arcilla.

Se toma una muestra de tierra y se le agrega una mínima cantidad de agua para hacer cuatro bolitas de barro con las palmas de la mano sin que éstas se deformen significativamente a simple vista; se dejan secar por 48 horas asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc. Transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano, en caso que se rompa, agriete o quiebre, se debe desechar la cantera del suelo (MVCS, 2017). En nuestro caso al presionar las cuatro bolitas, no se rompieron, agrietaron o quebraron por lo que el suelo seleccionado es apto.

Figura 14

Prueba de resistencia seca.



Nota. Se realiza el presionado de las bolitas de barro secas con el dedo pulgar e índice.

4.3.2.7. Prueba de la botella.

Se realiza la prueba de la botella tomando una porción de tierra; se utiliza una botella o tubo de ensayo de medio litro de capacidad, se llena una cuarta parte con suelo y tres cuartas partes con agua; se agita el tubo de ensayo y se la deja reposar 5 horas hasta que todas las partículas del suelo se reordenen y/o sedimenten y el agua se cristalice de tal forma que los agregados queden al fondo (arena), por encima el limo, sobre estas la arcilla y finalmente la materia orgánica queda flotando. Después de este proceso se mide las longitudes de cada capa obtenida y se calcula los porcentajes en relación con la longitud total de material en la probeta. Esta prueba permite establecer aproximadamente los porcentajes de finos y arenas.

Figura 15

Prueba de la botella.



Nota. En la imagen se aprecia la probeta llenada con suelo seleccionado y agua.

Tabla 4

Porcentajes de fino y arena del suelo obtenidos con la prueba de la botella.

Material	Longitud (cm)	Porcentaje	Norma E-080	Cumple
Arcilla	4.7	40%	10% - 20%	no cumple
Limo	4.3	36%	15% - 25%	no cumple
Arena	2.8	24%	55% - 75%	no cumple
Total	11.8	100%	100%	

En la tabla 04, se observa que el porcentaje de arcilla, limo y arena no están dentro del rango permisible según la norma E.080, por lo que según esta prueba el suelo no es apto para la elaboración de los adobes.

4.3.3. Extracción de la muestra

4.3.3.1. Suelo.

Para la presente investigación, el suelo utilizado se extrajo de los alrededores del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, debido a la cercanía del laboratorio y así evitar el maltrato de los especímenes durante el traslado hacia la misma, con la finalidad de realizar los ensayos pertinentes.

Para la extracción del suelo se utilizó pico y pala; dicho suelo se almacenó sobre plástico, para así evitar que se mezcle con otros materiales que se encuentren en dicho ambiente, luego se cubrió la tierra extraída con plástico para evitar que la materia orgánica de los alrededores como pasto y hierba seca, se mezcle con lo extraído debido al viento. La cantidad que se extrajo fue aproximadamente de 3.5 metros cúbicos, el cual fue suficiente para la elaboración de especímenes (unidades de adobe, cubos y cilindros) y mortero de barro.

Figura 16

En la imagen se aprecia la extracción del suelo y el zarandeo de este con la malla de 3/8”.





4.3.3.1. Fibra de Retama.

Para la extracción de la fibra de retama se tuvo que seguir un procedimiento descrito en páginas de internet sobre extracción de dicha fibra, que se detallan a continuación. Primero, se escogió el lugar donde la planta crece en forma silvestre y en gran cantidad, para el caso se escogió la retama que crece al pie de la carretera Chinchero – Urubamba en el distrito de Maras, provincia de Urubamba; segundo, nos dirigimos al sitio para extraer los tallos frescos de la retama, haciendo el uso de machete, se hizo el corte desde la parte inferior de la planta, luego se transportó los tallos de retama hacia la Ciudad de Cusco, para posteriormente realizar la extracción de la fibra. La cantidad extraída de tallos y ramas de retama para la presente investigación fue de 10 sacos de 80 kg; tercero, se procedió a cortar las ramas del tallo desde los nudos, cuanto más largo sean las ramas, se obtendrá una mejor hilacha; cuarto, se procedió a amarrar las ramas en pequeños masos; quinto, los masos de retama se sumergieron en agua hirviendo por 15 minutos o al menos hasta que cambie de color, una cocción prolongada no es conveniente; sexto, los masos de retama cocidas fueron transferidas a recipientes con agua, donde la inmersión se realiza por un periodo de 4 a 10 días, según la temperatura del agua, esta es completa cuando la corteza sale con facilidad, si se deja mucho tiempo puede arruinar la fibra, la maceración será más breve si ha estado bien hecha la cocción; séptimo, se realizó el rastrillado para retirar la corteza y quedarnos solo con la fibra, para esto se utilizó cuchillo; octavo, se deja secar la fibra de retama por un periodo de tres días.

Figura 17

Proceso de obtención de la fibra de retama.



Nota. Proceso de maceración, descortezado, agramado y rastrillado.

4.3.4. Caracterización de los materiales para la elaboración de adobes

4.3.4.1. Suelo.

Para elaborar adobes de buena calidad se debe realizar como primer paso una adecuada selección de suelos; para esto, existen un conjunto de ensayos de laboratorio y una serie de



pruebas de campo. Para determinar la composición del suelo y sus propiedades físicas, se deben realizar los siguientes ensayos:

A. Contenido de humedad

El contenido de humedad de un suelo, es la relación expresada en porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo y el peso de las partículas sólidas.

A.1. Procedimiento de ensayo

Se tomó la norma NTP 339.127, 1999 para realizar este ensayo. Se selecciona la muestra de suelo en estado natural que se encuentra bajo la superficie expuesta, se vierte la muestra en 4 capsulas debidamente identificadas y previamente pesadas, luego se coloca la tapa de la capsula; después se determina el peso de la capsula y la muestra de suelo en estado natural y se registra el valor, seguidamente se coloca la capsula con el suelo húmedo en el horno, se hace secar la muestra hasta alcanzar una masa constante, se mantiene el secado en el horno a 110 ± 5 °C por 24 horas, luego que el material se haya secado, se remueve la capsula del horno, se deja enfriar la capsula y la muestra de suelo hasta que pueda ser manipulada, para finalmente determinar el peso de la capsula y la muestra secada al horno; usando la misma balanza se registra este valor.

Figura 18

Ensayo de contenido de humedad.



Nota. En la imagen se aprecia el pesaje de la muestra de suelo seco, así como también el secado en horno de la muestra.

A.2. Calculo del contenido de humedad

Se determina el contenido de humedad de la muestra de suelo teniendo el peso del suelo seco, que se obtiene del secado al horno que viene a ser el peso de las partículas sólidas y el peso del agua, que viene a ser la pérdida de peso de la muestra de suelo debido al secado (NTP 339.127, 1999).

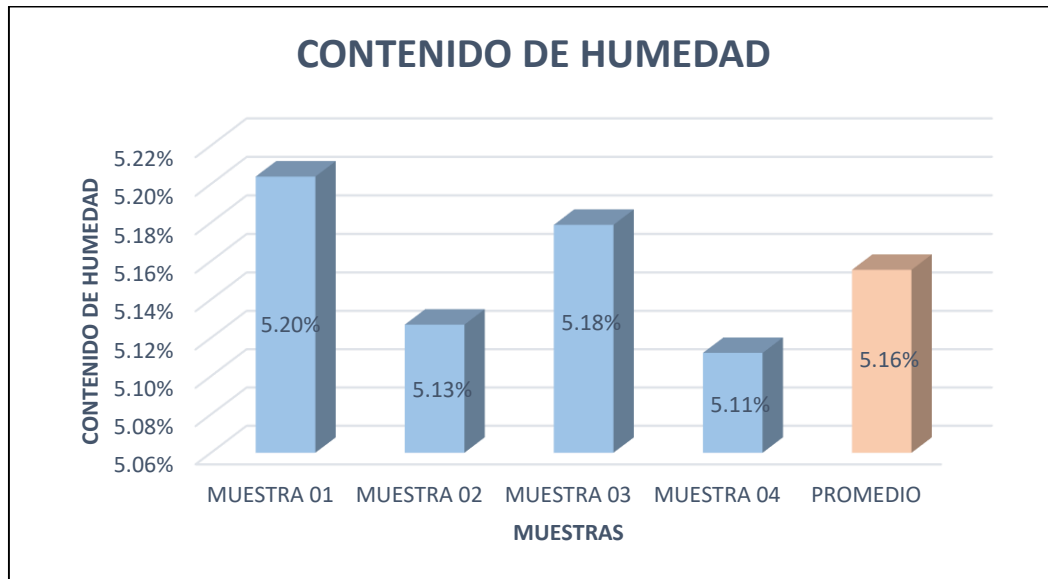
El contenido de humedad de la muestra se calcula con la siguiente formula, donde w es el contenido de humedad expresado en porcentaje (%).

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

El contenido de humedad de la muestra del suelo es igual a 5.16%.

Figura 19

Contenido de humedad natural de las muestras y el promedio de estas.



B. Peso específico relativo de los suelos

El peso específico relativo de las partículas sólidas, es la relación entre el peso en aire del volumen de un material a una temperatura indicada y el peso en aire de idéntico volumen de agua a la misma temperatura (NTP 339.131, 1999).

B.1. Procedimiento de ensayo

Primero se determina el peso del suelo secado al horno y que pasa la malla N°4, en nuestro caso se pesó 65 gramos; luego se vierte agua al picnómetro hasta la marca de aforado de 500ml; después se elimina el aire atrapado en el agua, utilizando la bomba de vacíos; posteriormente se determina el peso del picnómetro y el agua, registrando el valor; después se disminuye la cantidad de agua para verter la muestra de suelo, se extrae el aire sometiéndola a la bomba de vacíos; finalmente se afora el picnómetro hasta la marca de 500 ml y se pesa el picnómetro con la muestra, registrando su valor.

Figura 20

En la imagen se aprecia el procedimiento del ensayo para determinar el peso específico relativo del suelo seleccionado.



B.2. Calculo del peso específico relativo del suelo

El peso específico relativo del suelo, se calcula con la siguiente ecuación:

$$Gs = \frac{Ws}{W_{fw} + W_s - W_{fsw}}$$



Donde:

G_s : Peso específico de las partículas sólidas del suelo

W_s : Peso seco del suelo en gr.

W_{fw} : Peso del picnómetro + peso del agua en gr.

W_{fsw} : Peso del picnómetro + peso del suelo + peso del agua en gr.

Tabla 5

Datos y resultados del ensayo de peso específico.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 01
Peso Suelo (gr)	gr	65.01
Peso Picnómetro + Agua (gr)	gr	641.44
Peso Picnómetro + Agua + Suelo Seco (gr)	gr	680.79
Peso específico (gr/cm³)	gr/cm³	2.53

C. Análisis granulométrico por tamizado

El análisis granulométrico de un suelo consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que $75\mu\text{m}$ (retenido en el tamiz N°200) se efectúa por tamizado, por lo que la muestra de suelo se hace pasar por diferentes tamices que van de una abertura mayor a menor (NTP 339.128, 1999).

C.1. Procedimiento de ensayo

Según la norma NTP 339.089:1998, se toma una cantidad de muestra de suelo; después se realiza el cuarteo, para así reducir las muestras de suelo a cantidades menores viendo que las mismas sean representativas y lo más homogéneas posible; luego se toma uno de estos cuartos de

muestra y se deja secar en el horno por 24 horas; después de tener el peso seco de la muestra se procede a lavar, usando el tamiz N° 200 y separar las partículas que pasan; luego las partículas de la muestra que no pasaron el tamiz se hacen secar en el horno y se determina el peso; después se procede al tamizado con una serie de tamices de malla cuadrada recomendados por la NTP 339.128, 1999; finalmente se pesa cada material retenido en cada uno de los tamices.

Figura 21

En la imagen se aprecia el procedimiento del ensayo de granulometría del suelo seleccionado.





C.2. Análisis granulométrico de la muestra del suelo

Según la norma E-080, la gradación del suelo para la elaboración de adobes debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25%, arena 55-70%, sin considerar la presencia de partículas que superen el diámetro de 3/8”, debido a que dicha norma indica que las partículas de la arena gruesa están comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm; estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobe estabilizado. Se realizó el ensayo de granulometría por el método mecánico y en base a la norma NTP 339.128,1999. Según el análisis granulométrico, la muestra de suelo tiene un 64% de limos y arcillas (fracción de finos) con un tamaño de grano menor que la malla N°200 y un 36% de arena.

Tabla 6

Análisis granulométrico del suelo seleccionado.

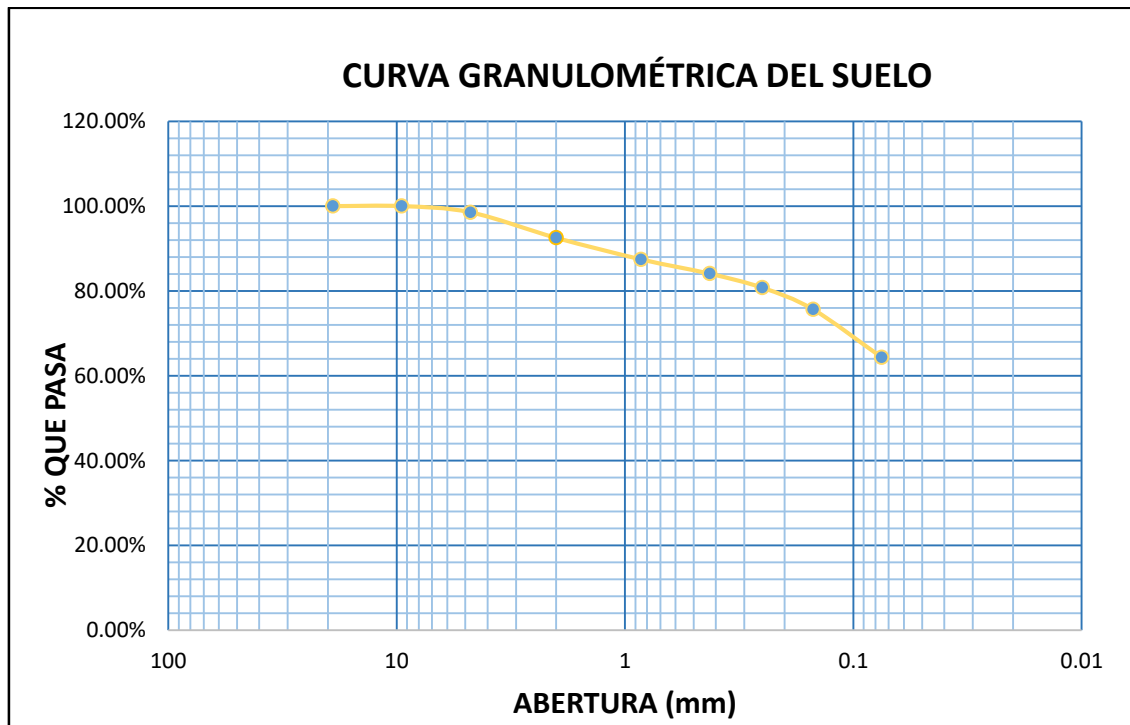
Antes del Lavado			Después del Lavado			
Peso de la Muestra Seca = 805.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 292.90gr % de Error en Peso = -0.37%			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que Pasa (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/4"	19	0	805	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	0	805	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	11.74	793.26	1.46%	1.46%	98.54%
N° 10	2	48.44	744.82	6.02%	7.48%	92.52%
N° 20	0.85	40.84	703.98	5.07%	12.55%	87.45%
N° 40	0.425	27.23	676.75	3.38%	15.93%	84.07%
N° 60	0.25	26.62	650.13	3.31%	19.24%	80.76%
N° 100	0.15	40.99	609.14	5.09%	24.33%	75.67%



N° 200	0.075	91.09	518.05	11.32%	35.65%	64.35%
Cazuela	-	7.03		0.87%	36.52%	
Lavado	-	511.02		63.48%	100.00%	
Retenido en Lavado =		293.98		100.00%		

Figura 22

Distribución granulométrica de la muestra de suelo.



D. Límites de consistencia o Atterberg (límite líquido y límite plástico)

Los límites de consistencia de suelos de grano fino están basados en el contenido de agua; según su contenido de agua en orden creciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.



El límite líquido (LL): Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico.

El límite plástico (LP): Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido.

Índice de plasticidad (IP): Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente; numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (NTP 339.129, 1999).

D.1. Procedimiento de ensayo

Primero, para el límite líquido se toma una muestra representativa de suelo, se tamiza con la malla N°40 hasta obtener 200 gr aproximadamente de material pasante; luego la muestra se hace secar en el horno por 24 horas; después la muestra seca, se coloca en un recipiente metálico y se le agrega poca agua, se remueve el suelo y el agua hasta obtener una mezcla uniforme; a continuación, se coloca una porción de la mezcla en la parte central de la cuchara de Casagrande, se esparce hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm y se enrasa con la espátula, formando una superficie aproximadamente horizontal; luego utilizando el acanalador, se divide la mezcla haciendo una ranura por el medio; después se registra el número de golpes necesarios para que cierre la ranura, la cantidad de golpes debe estar entre 15-35; a continuación, se extrae de la parte central de la cuchara una muestra de la mezcla, se pesa y se lleva al horno por 24 horas para obtener el contenido de humedad; se realiza el mismo procedimiento para obtener mínimo tres puntos de muestra, en nuestro caso se obtuvo cuatro puntos para finalmente obtener el contenido de humedad a los 25 golpes.

Para el límite plástico, se toma 20 gr aproximadamente del mismo material seco que pasa el tamiz N° 40 preparado para el ensayo de límite líquido; luego se le añade agua hasta obtener una mezcla consistente; después se amasa hasta que se pueda formar con facilidad un elipsoide; luego se rueda con los dedos de la mano sobre un vidrio hasta formar cilindros de aproximadamente de 3.2 mm de diámetro, se realiza varias veces este proceso hasta que su contenido de humedad se reduzca al punto en que el cilindro se quiebre y no pueda ser más presionado y enrollado; finalmente se toma parte de esta, se coloca en una capsula previamente pesada y se lleva al horno para obtener su contenido de humedad, el cual se reporta como el límite plástico. El proceso se repite para tres muestras.

Figura 23

En la imagen se aprecia el procedimiento del ensayo para determinar el límite líquido y límite plástico del suelo seleccionado.





D.2. Calculo de los límites de plasticidad

En base a la norma NTP 339.129, 1999, se realizó los ensayos de límites de Atterberg. Con estos ensayos y el análisis correspondiente se pudo calcular el índice de plasticidad del suelo seleccionado; a continuación, se muestra las gráficas correspondientes al análisis de límites de plasticidad.

Figura 24

Gráfica para encontrar el limite líquido del suelo.

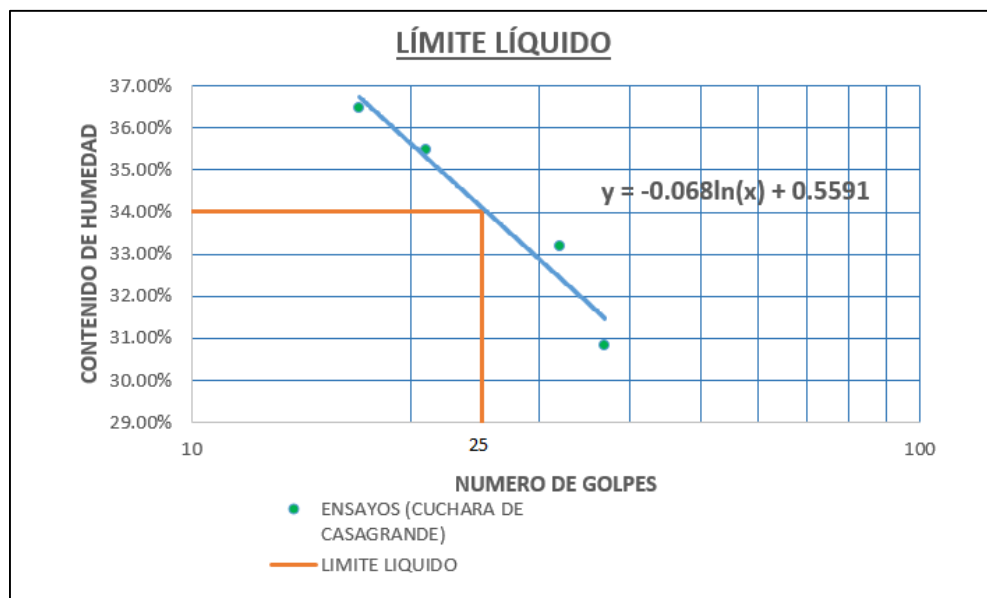


Figura 25

Contenido de humedad del suelo en su límite plástico.

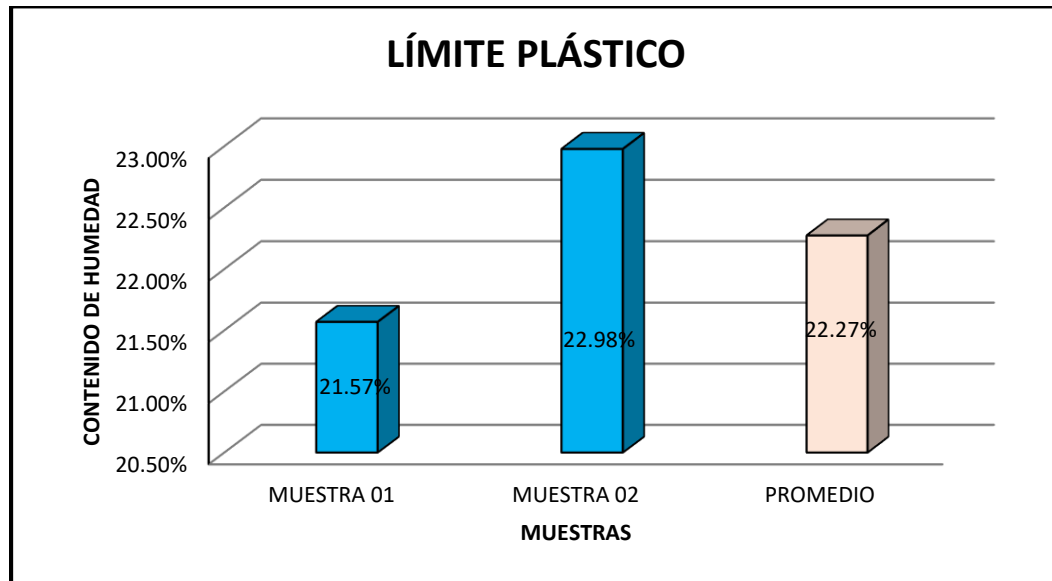


Tabla 7

Resumen de los valores de los límites de plasticidad del suelo seleccionado.

LÍMITES DE ATTERBERG
LÍMITE LÍQUIDO = 34%
LÍMITE PLÁSTICO = 22%
INDICE DE PLASTICIDAD = 12%

E. Sistema de clasificación de suelos

La clasificación de los suelos, consiste en la agrupación de estos con características semejantes. El objetivo es evaluar en forma fácil las propiedades mecánicas de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen.



E.1. Clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

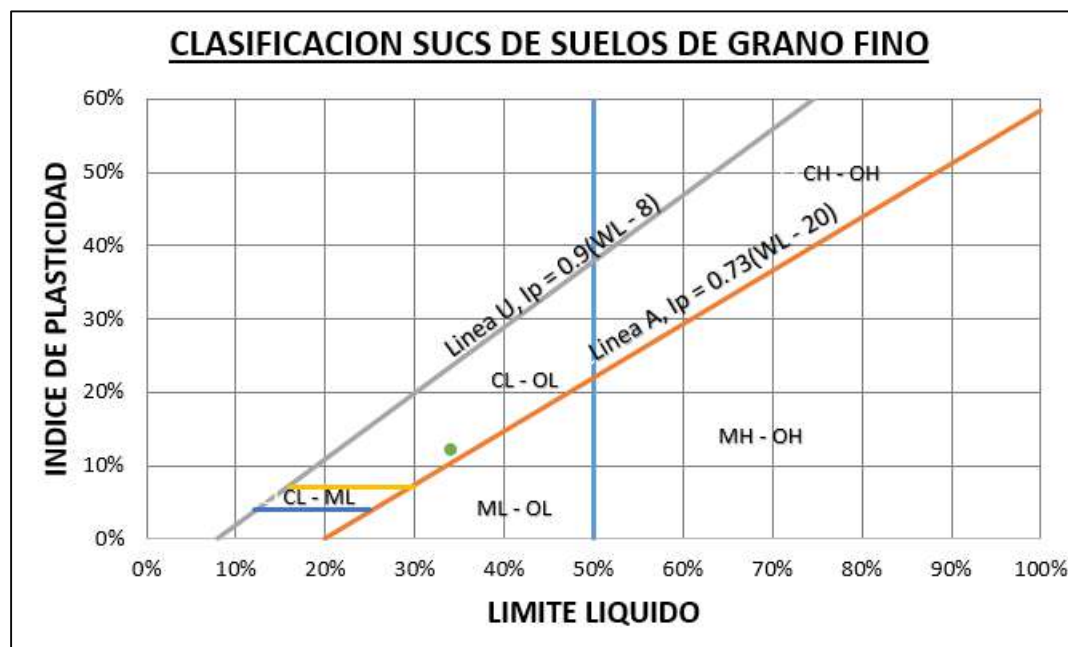
Se realiza la clasificación del suelo según la clasificación SUCS, en el cual el análisis granulométrico y los límites de Atterberg son necesarios (Bowles, 1982).

Según el análisis granulométrico del suelo, el porcentaje que pasa la malla N°200 es 64%; por ende, el coeficiente de curvatura (C_c) y el coeficiente de uniformidad (C_u) no tienen significado, debido a que dicho porcentaje que pasa la malla N°200 es mayor a 12% y solo se empleara los límites de Atterberg para clasificar el suelo.

El SUCS, define un suelo como de grano fino si más de un 50% pasa la malla N°200; por ende, se hará uso de la plasticidad y de un diagrama cuyas coordenadas en el eje “x” es el límite líquido y en el eje “y”, el índice de plasticidad.

Figura 26

Gráfica para la clasificación del suelo, según SUCS.





Según la clasificación SUCS se concluye que nuestro suelo es Arcilla con L.L < 50 % (CL).

E.2. Clasificación de suelos según el Sistema AASHTO

El sistema AASHTO, describe un procedimiento para clasificar suelos en grupos basado en el análisis de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un “índice de grupo” (Manual de ensayos de materiales, MTC 2016).

El sistema AASHTO define un suelo como de grano fino, si más de un 35% pasa la malla N°200; por ende, nuestro suelo será clasificado como de grano fino debido a que el 64 % pasa la malla N°200.

Teniendo los valores del límite líquido = 34%, límite plástico = 22% e índice de plasticidad = 12%, se realizará la clasificación del suelo según el cuadro siguiente:

Tabla 8

Clasificación AASHTO

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos, pasa el tamiz N°200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N°200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características del material que pasa el tamiz N°40											
Límite Líquido			No Plástico	40 máx.	41 mín	40 máx.	41 mín	40 máx.	41 mín	40 máx.	41 mín
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín	11 mín	10 máx.	10 máx.	11 mín	11 mín
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmento de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Se realiza el cálculo del Índice de Grupo (IG), con la siguiente fórmula:

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$



Donde:

a = La parte del porcentaje que pasa la malla N°200 mayor de 35 y sin exceder 75

b = La parte del porcentaje que pasa la malla N°200 mayor de 15 y sin exceder 55

c = La parte del límite líquido mayor de 40 y no mayor de 60.

d = La parte del índice de plasticidad mayor de 10 y sin exceder 30.

El índice de grupo aplicando la formula anterior es 6.

Según el sistema AASHTO, se concluye que nuestro suelo pertenece al grupo A-6 (6), suelo arcilloso.

4.3.5. Preparación de especímenes

Para la elaboración de especímenes se tomó en cuenta la Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, la cual recomienda seguir una serie de procedimientos para elaborar los especímenes y así ser sometidos a las diferentes pruebas programadas; con estas pruebas se obtendrá los resultados de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe, solicitadas para la presente investigación.

4.3.5.1. Unidades de Adobe.

Para elaborar las unidades de adobe, se realizó el siguiente procedimiento:

A. Dimensionamiento de la unidad de adobe

Según el inciso 18.7 y 18.8 del artículo 18 de la Norma E.080, el bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho y la altura debe medir entre 0.08 m y 0.12 m. Para que la manipulación de los adobes sea fácil, las dimensiones asignadas para la presente investigación fueron de 0.26 m de largo, 0.13 m de ancho y 0.09 m de altura; cuyos valores cumplen con lo señalado en la norma.

Figura 27

En la imagen se aprecia las dimensiones de la adobera fabricada para la elaboración de los adobes.



También se tuvo que determinar la longitud de la paja y de la fibra de retama, por lo que se realizó pruebas preliminares de trabajabilidad. La longitud tomada en base a esta prueba es de 8 cm, ya que esta medida es la longitud promedio obtenida de la fibra, la cual ayuda en la manejabilidad de la mezcla de barro en la elaboración de las unidades de adobes; también se tomó en cuenta la dimensión del adobe, puesto que esta es de una proporcionalidad menor.

Figura 28

En la imagen se aprecia las dimensiones de la fibra de retama y paja, para la elaboración de los adobes.



B. Dosificación de los componentes para la preparación del barro

Para obtener los porcentajes de adición de paja y fibra de retama, se hicieron muestras preliminares, el cual consistió en elaborar 24 cubos de barro de dimensiones 10cm x 10cm x 10 cm con tres dosificaciones (cubos de barro con adición de 0.90% en peso de paja, cubos de barro con adición de 0.80% en peso de fibra de retama y cubos de barro con adición de 0.90% en peso de fibra de retama), para que después de un secado de 28 días se sometan a un ensayo de compresión. Se tomó en cuenta la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada”.

Este ensayo preliminar nos sirvió para determinar las proporciones de paja y fibra de retama de la presente investigación.

Tabla 9

Muestras preliminares de cubos de barro por cada tipo..

Cubos de barro según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.90	0.00	08
Tipo 2	0.00	0.80	08
Tipo 3	0.00	0.90	08

Figura 29

Muestras preliminares de cubos de barro.



Nota. En la imagen se aprecia la elaboración de las muestras preliminares, así como también el ensayo de compresión de estas.



La dosificación se realizó en base a la cantidad de especímenes necesarios para los diferentes ensayos programados, que se calculó en total 556 unidades de adobe, el cual se distribuyó en 4 tipos de muestra en donde se tiene un porcentaje con paja y tres porcentajes de fibra de retama, manteniendo como base una mezcla con porcentajes constantes de suelo y agua. Los porcentajes están dados por la relación del peso de la paja o fibra de retama y el peso seco de la tierra. Siguiendo las recomendaciones que indican en la Norma E.080, se realiza el cálculo del peso seco de la tierra en kilogramos, en función del peso específico relativo del suelo y el volumen en metros cúbicos del total de adobes para cada tipo de muestra; así mismo, se realizó el cálculo de la cantidad necesaria de paja y fibra de retama para cada caso en porcentajes, en relación al peso seco del suelo y se tomó en cuenta para dicho calculo el contenido de humedad del suelo antes de preparar el barro. La cantidad de agua requerida se calculó según la Norma E.080, que señala que se debe usar como máximo el 20 % con respecto al peso seco de la tierra. A continuación, se detalla la dosificación en el siguiente cuadro.

Tabla 10

Cantidades en peso para dosificación de componentes de las muestras.

		Cantidad total de unidades de adobe =		507	und		
		Volumen total de unidades de adobe de 0.26m x 0.13mx 0.09m =		1.54	m³		
		Peso específico relativo del suelo =		2.53	gr/cm³		
		Contenido de humedad del suelo =		4.37	%		
Tipo de Muestra	Peso de suelo en estado natural en kilogramos	Peso seco del suelo en Kilogramos (P.S.S.)	Paja		Fibra de Retama		Agua (20% P.S.S.) Kg
			% P.S.S.	Kg	% P.S.S.	Kg	
Tipo 1	1018	976	0.75%	7.32	0.00%	0.00	195.20
Tipo 2	1018	976	0.00%	0.00	0.50%	4.88	195.20
Tipo 3	1018	976	0.00%	0.00	0.75%	7.32	195.20
Tipo 4	1018	976	0.00%	0.00	1.00%	9.76	195.20

C. Preparación del barro

Se procede a la preparación del barro teniendo en cuenta la dosificación previamente determinada. Primero se pesa la cantidad requerida de suelo para los 4 tipos de muestra, haciendo uso de una balanza digital; luego el suelo pesado se vierte sobre una superficie de plástico para así controlar adecuadamente el contenido de humedad, evitando que la base absorba el agua; después se agrega la menor cantidad de agua al suelo hasta que se logre activar la arcilla existente; luego se procede a pisar la mezcla y se realiza el volteo de esta con una pala hasta que quede uniforme; después se esparce la fibra en dos etapas para cada tipo de muestra, se procede a pisar y voltear la mezcla hasta obtener una mezcla uniforme; finalmente se deja dormir la mezcla de los 4 tipos de muestra por 24 horas y se protege la mezcla con plástico, con la finalidad de evitar que varíe la humedad.

Figura 30

En la imagen se aprecia la preparación de barro para la elaboración de adobes.



D. Elaboración de unidades de adobe

Se procede a la elaboración de adobes luego del dormido de la mezcla de barro. Se hace uso de las adoberas de madera para obtener unidades con dimensiones de 26cm x 13cm x 9cm.

Primero se coloca la adobera sobre una superficie plana, nivelada y libre de elementos extraños, para nuestro caso se colocó sobre triplay fenólico; luego se toma una porción de la mezcla y se lanza con fuerza dentro de la adobera hasta llenarla, la adobera debe ser humedecida previamente para que no se peguen los adobes; después se empareja la superficie al ras de la adobera usando una regla de madera; finalmente se retira la adobera y se limpia los residuos de barro en esta. Se repite este procedimiento para la fabricación de cada adobe.

Figura 31

En la imagen se aprecia la elaboración de unidades de adobes.



E. Secado de las unidades de adobe

El secado del adobe se hizo sobre triplay fenólico, debido a que dicho material es liso y así evita que el adobe se adhiera a la superficie. El tiempo de secado fue de 28 días, según la norma E.080; el cual, durante este periodo se protegió los adobes con arpillera y plástico, del sol y de la lluvia, puesto que estos agentes son perjudiciales, el cual degradan la calidad de las unidades de adobe. Es preciso señalar que después de una semana de secado, se colocaron los adobes en posición de canto, para que el secado sea rápido y uniforme.

Figura 32

En la imagen se aprecia el secado de las unidades de adobes sobre triplay fenólico y bajo sombra, para evitar el secado brusco.



Figura 33

En la imagen se aprecia la protección con arpilleras, de las unidades de adobe para evitar el fisuramiento de estas.



F. Elaboración de cubos de adobe

Se procede a la elaboración de cubos de adobes luego del dormido de la mezcla de barro. Se hace uso de las adoberas de metal para obtener unidades con dimensiones de 10cm x 10cm x 10cm. Primero se coloca la adobera sobre un sobre una superficie plana, nivelada y libre de elementos extraños, para nuestro caso se colocó sobre triplay fenólico; luego se toma una porción de la mezcla y se lanza con fuerza dentro de la adobera hasta llenarla, la adobera debe ser humedecida previamente para que no se peguen los adobes; después se empareja la superficie al ras de la adobera usando una regla de madera; finalmente se retira la adobera y se limpia los residuos de barro en esta. Se repite este procedimiento para la fabricación de cada adobe.

Figura 34

Elaboración de cubos de adobe en los alrededores del laboratorio de suelos.



G. Elaboración de testigos cilíndricos de barro

Para la elaboración de los especímenes, se tomó como molde un cilindro de metal (briqueteras) con diámetro interior igual a 0.15 m y altura igual a 0.30 m, se pasó por la superficie interior del molde lubricante para que el barro no se pegue a este; luego se colocó la mezcla de barro para las unidades de adobe en tres capas y por cada capa colocada se chuceó para evitar que haya espacios vacíos, después se enraso la superficie y se dio su acabado; finalmente se retiró los moldes después de una semana y se dejó secar los especímenes por 28 días.

Se fabricaron 6 probetas por cada tipo de mezcla, en total se elaboraron 24 especímenes.

Figura 35

Elaboración de testigos cilíndricos de barro.



4.3.5.2. Testigos cilíndricos de mortero de barro.

A. Preparación de mortero de barro

Para preparar el mortero de barro, se siguió con el mismo procedimiento de la preparación de barro para las unidades de adobe, cumpliendo con la dosificación de los componentes establecidos anteriormente.

Figura 36

Preparación del mortero de barro, para las juntas de las pilas y muretes de adobe



B. Elaboración de testigos cilíndricos

Para la elaboración de los especímenes, se tomó como molde un tubo de PVC con diámetro interior igual a 0.05 m y altura igual a 0.10 m, se pasa por el tubo interior lubricante, para que el barro no se pegue a este; luego se colocó la mezcla de mortero de barro en tres capas y por cada capa colocada se chuceó para evitar que haya espacios vacíos; después se enrasó la superficie y se dio su acabado; finalmente, se retiró los moldes después de un día y se dejó secar los especímenes por 28 días.

Se fabricaron 6 probetas por cada tipo de mortero, en total se elaboraron 24 especímenes.

Figura 37

Elaboración de testigos cilíndricos de mortero de barro.



C. Probetas de tres piezas de adobe para prueba de adherencia de mortero

Para realizar la prueba de adherencia de mortero, se tuvo que pegar con mortero 3 unidades de adobe una sobre otra, de tal manera que el segundo adobe de la pila tenga que sobresalir un tercio de su longitud con respecto al primer y tercer adobe; estos dos tienen que estar al mismo nivel vertical, para esto se enrasa la superficie con mortero (yeso dental). Las unidades fueron adheridas con mortero de barro con una junta de 1.5 cm de espesor. Se dejó secar las pilas durante de 28 días.

Se prepararon un total de 24 especímenes, agrupados en seis para abarcar las 4 tipas de muestra de mortero de barro a evaluar.

Figura 38

Elaboración de probetas de tres piezas para el ensayo de adherencia de mortero.



D. Probetas de dos piezas de adobe para prueba de tracción del mortero

Para realizar la prueba de tracción de mortero, se tuvo que pegar con mortero 2 unidades de adobe una sobre otra, estos dos tienen que estar al mismo nivel vertical, para esto se enrasa la superficie de la junta con mortero (yeso dental). Las unidades fueron adheridas con mortero de barro con una junta de 1.5 cm de espesor. Se dejó secar las pilas durante 28 días.

Se prepararon un total de 24 especímenes, agrupados en seis para abarcar las 4 tipas de muestra de mortero de barro a evaluar.

Figura 39

En la imagen se aprecia la elaboración de probetas de dos piezas para el ensayo de tracción de mortero.



4.3.5.3. Pilas de mampostería de adobe.

Para la elaboración de pilas de mampostería de adobe, se tomó en cuenta lo especificado en la Norma E.080 en el artículo 8, inciso 8.4, el cual dice que la altura de la pila de adobe debe ser igual a tres veces la menor dimensión de la base aproximadamente. Para cumplir con la norma, se asentó cuatro unidades de adobe con una junta de 1.5 cm de espesor. Se asentaron los adobes haciendo uso del mortero correspondiente para cada muestra, el asentado se realizó sobre una plataforma nivelada. Se controló la verticalidad y horizontalidad del asentado con plomada y nivel de mano. Se dejó secar las pilas de adobe durante un periodo de 28 días; a la tercera semana del secado, se aplicó un mortero de yeso dental, el cual se denomina “capping”, sobre la

superficie superior de las pilas, para así obtener una superficie plana y que, al momento de realizar el ensayo correspondiente, la carga se distribuya uniformemente en toda la superficie y evite anomalías en la distribución de esfuerzos.

Se fabricaron en total 24 especímenes agrupados en seis por cada tipo de muestra; puesto que la norma E.080 indica que se debe elegir los cuatro mejores especímenes de seis. La altura de los especímenes varía en milímetros, debido a la contracción de las unidades de adobe.

Figura 40

Elaboración de pilas de mampostería de adobe y colocación de capping.





4.3.5.4. Muretes de mampostería de adobe.

Para la elaboración de muretes de mampostería de adobe, se tomó en cuenta lo especificado en la Norma E.080 en el artículo 8, inciso 8.5, el cual indica que los lados de los muretes deben ser de 65 cm aproximadamente; para cumplir con la norma se asentaron unidades de adobe con dimensiones de 26 cm x 13 cm x 9 cm y 13 cm x 13 cm x 9 cm, con una junta de 1.5 cm de espesor, obteniendo así muretes con dimensiones de 51 cm x 50.5 cm x 12 cm en promedio, debido a que las dimensiones varían con la contracción de las unidades de adobe. Se asentaron los adobes haciendo uso del mortero correspondiente para cada muestra, el asentado se realizó sobre una plataforma nivelada. Se controló la verticalidad y horizontalidad del asentado con plomada y nivel de mano. Se dejó secar los muretes de adobe durante un periodo de 28 días. A la tercera semana del secado, se aplicó un mortero de yeso dental, el cual se denomina “capping”, sobre una parte de las superficies en encuentro correspondientes al plano de espesor del murete, para tener así una distribución uniforme de la carga al momento de realizar el ensayo correspondiente.

Se fabricaron en total 24 especímenes, agrupados en seis por cada tipo de muestra; puesto que la norma E.080 indica que se debe elegir los cuatro mejores especímenes de seis.

Figura 41

Elaboración de muretes de mampostería de adobe y colocación de capping.



4.3.6. Programa de ensayos experimentales

4.3.6.1. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas de la unidad de adobe.

A. Variación Dimensional

A.1. Procedimiento de ensayo

El ensayo de variación dimensional de las unidades de adobe se realizó en base a la Norma NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería y NTP 399.604,1999, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de albañilería de concreto, el cual señala que para obtener el ancho, longitud y altura, de una unidad de adobe; primero se debe medir con una regla metálica a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras, luego estas cuatro medidas se registran con una aproximación de 1 mm, después se saca el

promedio de estas cuatro medidas con una aproximación de 0.5 mm y finalmente se registra el valor de la longitud, ancho y altura de cada unidad de adobe.

Para el ensayo se escogió al azar seis especímenes de cada muestra, el cual se detalla a continuación:

Tabla 11

Muestras de adobe por tipo de muestra para ensayo de variación dimensional.

Adobes según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Es necesario indicar que las dimensiones nominales (longitud x ancho x altura) de las unidades de adobe son 26 x 13 x 9 cm.

DESCRIPCION DEL ENSAYO - VARIACION DIMENCIONAL	
<p>Se escoge al azar, seis unidades de adobe por cada tipo de muestra</p>	

Medir con una regla metálica a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras, después se saca el promedio de estas cuatro medidas, obteniendo el valor de la longitud, ancho y altura de cada unidad de adobe.



A.2. Cálculo de variación dimensional

Se realiza el cálculo de la variación dimensional de las unidades de adobe, dividiendo “la diferencia de la dimensión nominal con la dimensión promedio” y “la dimensión nominal”, el resultado se expresa en porcentaje.

$$\%V = \frac{(Dn - Dp)}{Dn} \times 100$$

Donde:

%V: Variación Dimensional.

Dn: Dimensión Nominal.

Dp: Dimensión Promedio.

B. Absorción

B.1. Procedimiento de ensayo

El ensayo de absorción de las unidades de adobe se realizó en base a la Norma NTP 399.613,1999, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, con el objetivo de ver el comportamiento de las unidades de adobe ante la exposición de agua.

Se deja secar los especímenes en un horno por 24 horas a una temperatura entre 110 °C y 115 °C; después se procede a pesar las muestras secas en una balanza. Se sumerge las unidades de adobe en un recipiente con agua por un periodo de 24 horas, luego se saca y se drena el agua por un minuto, después se retira el agua superficial con un paño y se pesa la unidad de adobe saturado.

Para el ensayo se escogió al azar seis especímenes de cada muestra, el cual se detalla a continuación:

Tabla 12

Muestras de adobe por tipo para ensayo de absorción.

Adobes según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

<u>DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO - ABSORCIÓN</u>	
<p>Se deja secar por 24 horas en un horno a una temperatura entre 110°C y 115°C.</p>	

<p>Luego de 24 horas de secado, se deja enfriar las muestras.</p>	
<p>Se registra el peso de las muestras secas.</p>	
<p>Se sumergen las muestras en su totalidad en agua por 5 y 24 horas.</p>	

B.2. Cálculo de la absorción.

La absorción de agua de las unidades de adobe se obtiene de dividir “el peso del agua absorbida” y “el peso seco del espécimen”, el resultado se expresa en porcentaje.



$$\text{absorción} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100$$

Donde:

W_d = Peso seco al horno del espécimen.

W_s = Peso saturado del espécimen.

Por último, se calcula el promedio de la absorción de los especímenes ensayados con aproximación a 0.1%.

C. Resistencia a compresión

C.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos se hicieron en la máquina universal INSTROM del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina nos proporciona una data de la carga aplicada, el desplazamiento, el esfuerzo en el punto de rotura y el esfuerzo máximo. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 375 kg/min.

Para el ensayo se escogió seis especímenes de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 unidades de adobe, el cual se detalla a continuación:

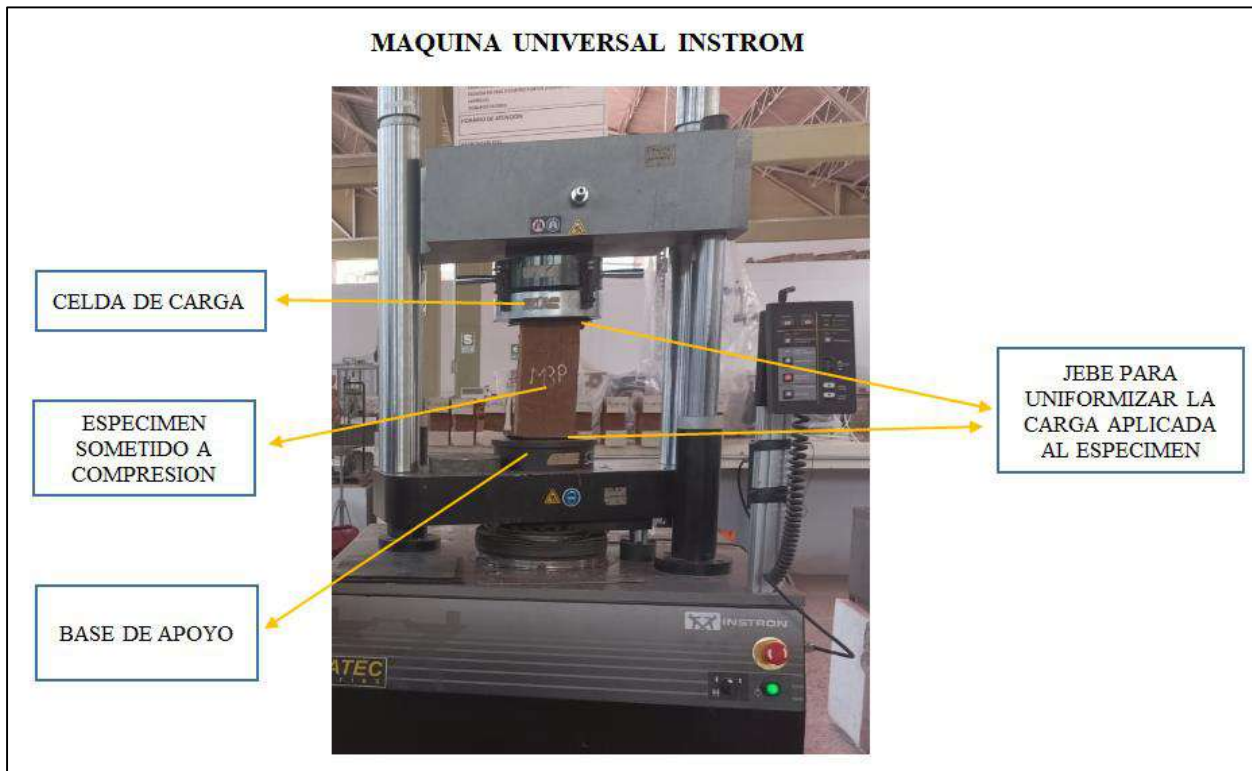
Tabla 13

Muestras de adobe por cada tipo, para el ensayo de resistencia a compresión simple.

Adobes según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 42

Instrumentación de unidades de adobe, para prueba de compresión simple.



C.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la Norma NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERIA.

Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, para realizar el ensayo de compresión.

- Se realiza la identificación de las unidades de adobe.
- Se pesa cada unidad de adobe en una balanza digital y se registra el valor.
- Se toma las medidas de longitud, ancho y altura de cada unidad de adobe.

- Se coloca las unidades de adobe sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie en contacto del adobe; se pone de forma vertical el adobe con una esbeltez aproximada $(26/9)$ de 2.89.

- Se coloca jebes de 2 mm de espesor sobre la cara superior e inferior del adobe, con el fin de que se distribuya la carga de manera uniforme sobre la superficie en contacto con la celda de carga.

- Se aplica la carga de compresión de manera constante y perpendicular hasta el momento de rotura de la unidad de adobe.

Se coloca las unidades de adobe sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie en contacto del adobe.



Se coloca jebes sobre la cara superior e inferior del adobe, con el fin de que se distribuya la carga de manera uniforme sobre la superficie en contacto. Luego se aplica la carga hasta que la unidad de adobe falle.





C.3. Cálculo de la resistencia a compresión

La resistencia a compresión de las unidades de adobe se obtiene de dividir la carga máxima en el momento de falla y el área transversal de la unidad de adobe.

$$f_o = \frac{P_{\max}}{A}$$

Donde:

f_o : Resistencia a compresión (kg/cm^2).

P_{\max} : Carga máxima en el momento de falla (kg).

A: Área transversal (cm^2).

Al concluir los ensayos se procede a calcular la resistencia a compresión para las unidades de adobe (f_o), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a compresión de la unidad de adobe característica (f'_o) es igual a ($f_o - \sigma$)

D. Resistencia a flexión en tres puntos

D.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos se hicieron en la máquina universal INSTROM del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina nos proporciona una data de la carga aplicada, el desplazamiento, el esfuerzo en el punto de rotura, el esfuerzo máximo. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 50 kg/min.

Para el ensayo se escogió seis unidades de adobe de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 unidades de adobe, el cual se detalla a continuación:

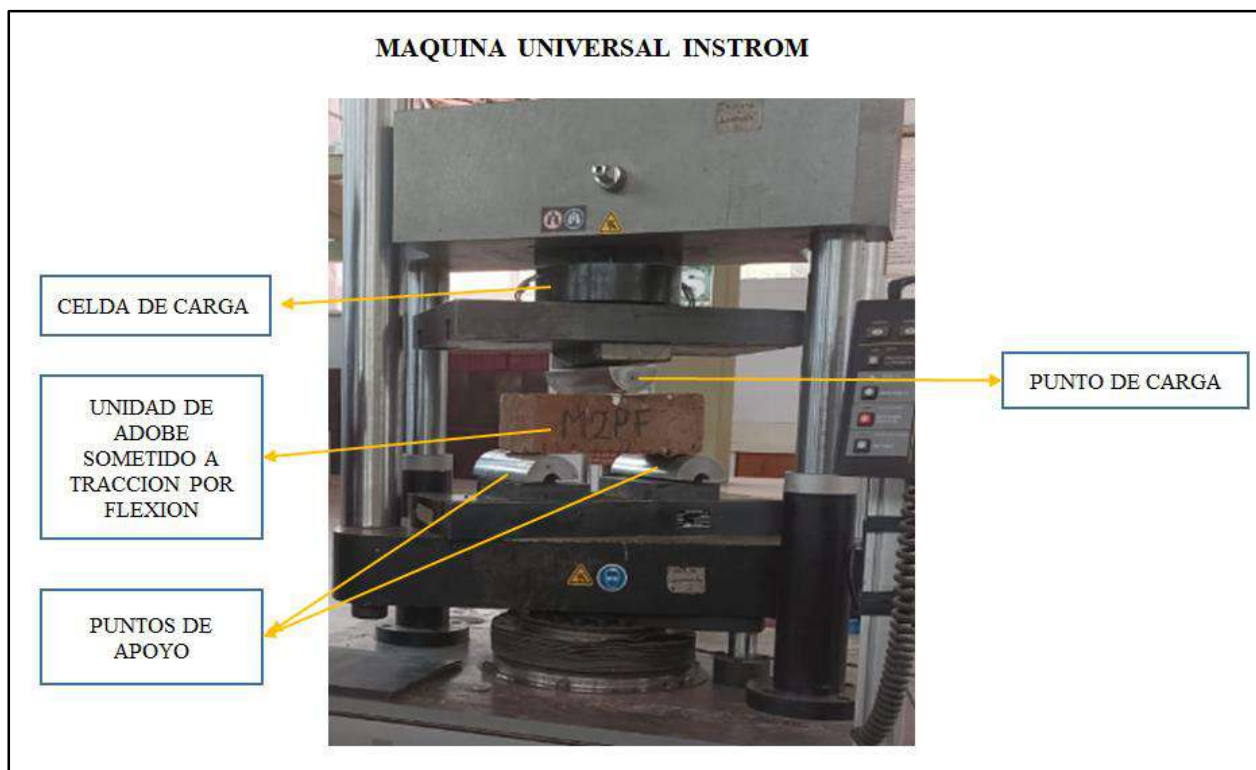
Tabla 14

Muestras de adobe por cada tipo para el ensayo de resistencia a flexión en tres puntos.

Adobes según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 43

Instrumentación de unidades de adobe para prueba de flexión en tres puntos.





D.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la Norma “ASTM C 67-05, Métodos de prueba estándar para Muestreo y prueba de ladrillos y tejas de arcilla estructural”, para realizar el ensayo de flexión en tres puntos también conocida como ensayo de tracción indirecta.

- Se realiza la identificación de las unidades de adobe.
- Se pesa cada unidad de adobe en una balanza digital y se registra el valor.
- Se toma las medidas de longitud, ancho y altura de cada unidad de adobe
- Se aplica un mortero de yeso dental el cual se denomina “capping”, sobre la superficie superior de la unidad de adobe el cual entra en contacto con el punto de carga de la máquina universal, para así obtener una superficie plana en la cual la carga se distribuye uniformemente.
- Se coloca las unidades de adobe sobre los dos puntos de apoyo de forma centrada con respecto al punto de carga, de tal manera que la longitud de la distancia entre los apoyos de la base sea de 22 cm y equidistante a los extremos.
- Se aplica la carga de compresión de manera constante y perpendicular hasta el momento de rotura de la unidad de adobe.

<u>DESCRIPCION DEL ENSAYO - RESISTENCIA A LA FLEXION EN TRES PUNTOS</u>	
<p>Se coloca las unidades de adobe sobre los dos puntos de apoyo de forma centrada con respecto al punto de carga, de tal manera que la longitud de la distancia entre los apoyos de la base sea de 22 cm y equidistante a los extremos.</p>	
<p>Se aplica la carga de compresion hasta que la unidad de adobe falle.</p>	

D.3. Cálculo de la resistencia a flexión en tres puntos

La resistencia a flexión en tres puntos de las unidades de adobe se obtiene de la siguiente manera:

$$f_t = \frac{1.5 \times (P_{max} \cdot L)}{b \cdot B^2}$$

Donde:

f_t : Resistencia a flexión en tres puntos (kg/cm²).



P_{max} : Carga máxima aplicada en el momento de falla del adobe (kg).

L : Distancia entre apoyos (cm).

b : Ancho de la unidad de adobe (cm²).

B : Altura o esbeltez de la unidad de adobe (cm²).

Al concluir los ensayos se procede a calcular la resistencia a flexión en tres puntos de las unidades de adobe (f_t), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a flexión en tres puntos de la unidad de adobe característica (f'_t) es igual a ($f_t - \sigma$)

E. Resistencia a compresión en cubos de adobe

E.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos se hicieron en la máquina universal INSTROM del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina nos proporciona una data de la carga aplicada, el desplazamiento, el esfuerzo en el punto de rotura y el esfuerzo máximo. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 375 kg/min.

Para el ensayo se escogió seis especímenes de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 unidades de cubos de adobe, el cual se detalla a continuación:

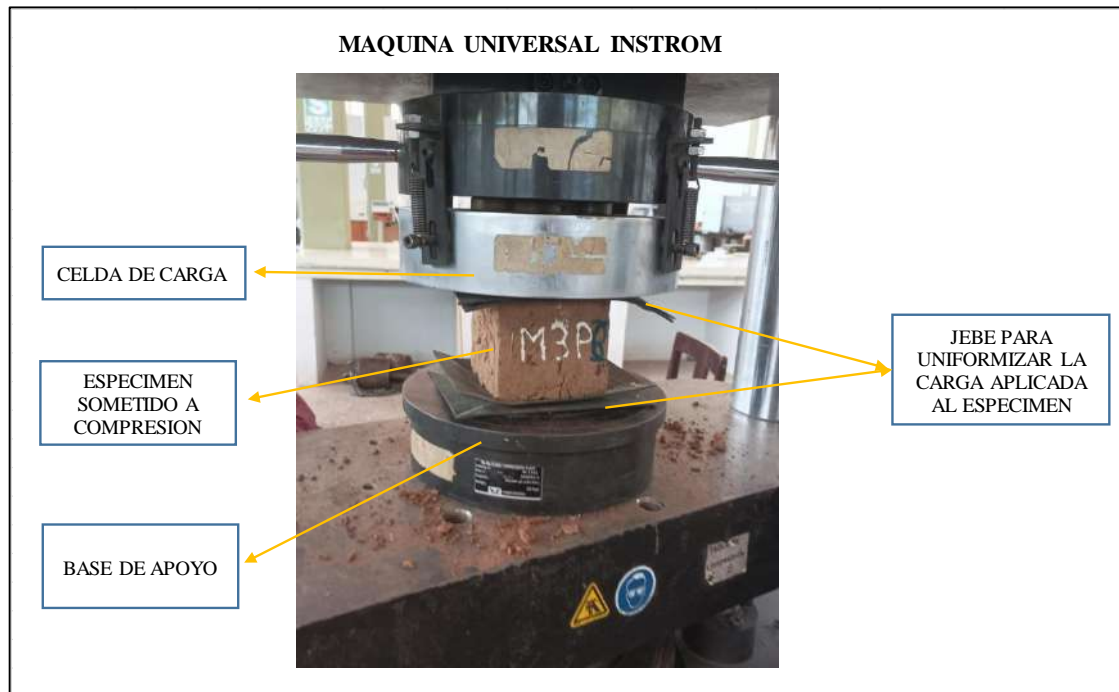
Tabla 15

Muestras de cubos de adobe por cada tipo, para el ensayo de resistencia a compresión simple.

Cubos de adobes según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 44

Instrumentación de cubos de adobe para prueba de compresión simple.



E.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada”, para realizar el ensayo de compresión.

- Se realiza la identificación de los cubos de adobe.
- Se pesa cada cubo de adobe en una balanza digital y se registra el valor.
- Se toma las medidas de longitud, ancho y altura de cada cubo de adobe.
- Se coloca los cubos de adobe sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie en contacto del cubo de adobe. Se pone de forma vertical el cubo de adobe con una esbeltez aproximada (10/10) de 1.00.

- Se coloca jebes de 2 mm de espesor sobre la cara superior e inferior del cubo de adobe, con el fin de que se distribuya la carga de manera uniforme sobre la superficie en contacto con la celda de carga.
- Se aplica la carga de compresión de manera constante y perpendicular hasta el momento de rotura del cubo de adobe.

<u>DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO - RESISTENCIA DE COMPRESIÓN DE CUBOS DE ADOBE</u>	
<p>Se coloca los cubos de adobe sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie en contacto del cubo de adobe.</p>	
<p>Se coloca jebes sobre la cara superior e inferior del cubo de adobe, con el fin de que se distribuya la carga de manera uniforme sobre la superficie en contacto. Luego se aplica la carga hasta que el cubo de adobe falle.</p>	



E.3. Cálculo de la resistencia a compresión

La resistencia a compresión de las unidades de adobe se obtiene de dividir la carga máxima en el momento de falla y el área transversal de la unidad de adobe.

$$f_{o_cub} = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

f_{o_cub} : Resistencia a compresión (kg/cm^2).

P_{max} : Carga máxima en el momento de falla del adobe (kg).

A: Área transversal (cm^2).

Al concluir los ensayos se procede a calcular la resistencia a compresión para los cubos de adobe (f_{o_cub}), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a compresión del cubo de adobe característica (f'_{o_cub}) es igual a ($f_{o_cub} - \sigma$)

F. Resistencia a la tracción de testigos cilíndricos de barro

F.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos se hicieron en la máquina universal INSTROM del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina nos proporciona una data de la carga aplicada, el desplazamiento, el esfuerzo en el punto de rotura y el esfuerzo máximo. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 0.01 Mpa/seg.

Para el ensayo se escogió seis unidades de cilindros de barro de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 unidades de cilindros de barro, el cual se detalla a continuación:

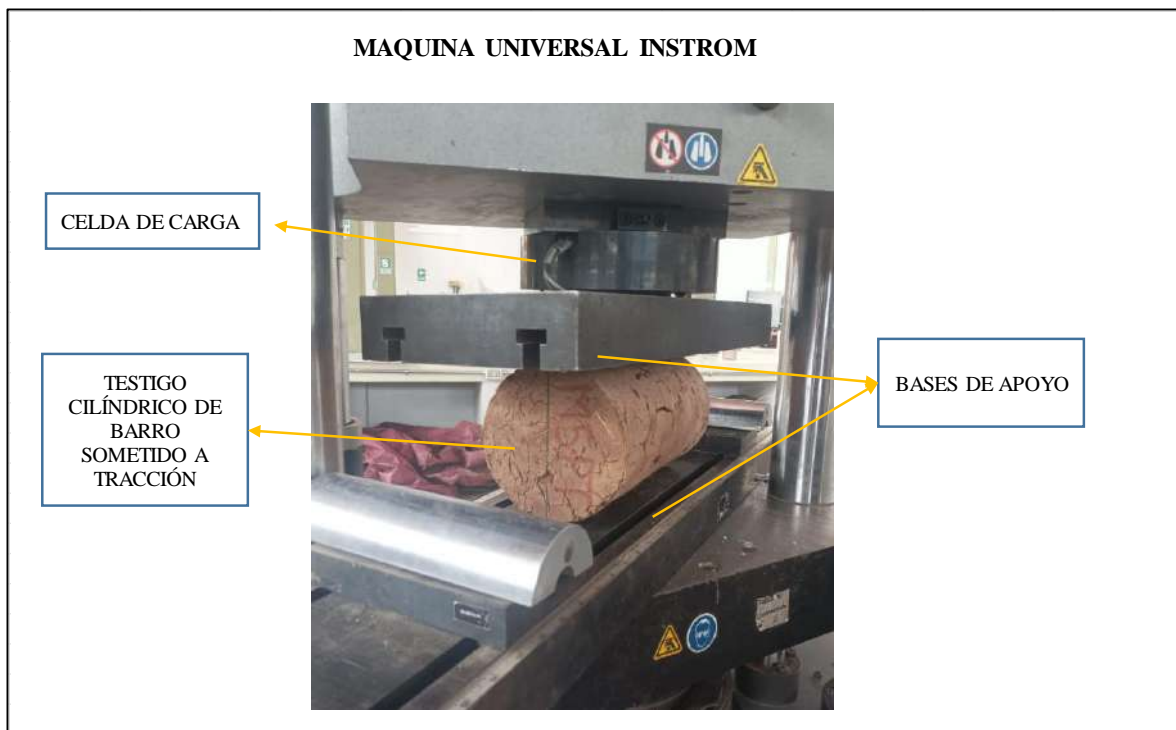
Tabla 16

Muestras cilíndricas de barro por cada tipo, para el ensayo de resistencia a tracción.

Testigos cilíndricos de barro según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 45

Instrumentación de testigos cilíndricos de barro para prueba de tracción..



F.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada”, para realizar el ensayo de tracción.

- Se realiza la identificación de los testigos cilíndricos de barro.
- Se pesa cada unidad cilíndrica en una balanza digital y se registra el valor.
- Se toma las medidas de diámetro y altura de cada testigo cilíndrico de barro.
- Se lija la superficie del testigo cilíndrico que entra en contacto con el punto de carga de la máquina universal y la base de apoyo, para así obtener una superficie plana en la cual la carga se distribuya uniformemente.
- Se aplica la carga de compresión de manera constante y perpendicular hasta el momento de rotura del testigo cilíndrico de barro.

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO - RESISTENCIA A TRACCIÓN DE TESTIGO CILÍNDRICO DE BARRO

Se coloca los testigos cilíndricos de barro en la base de apoyo, en sentido que el eje de altura del espécimen entre en contacto con la celda de carga.



Se aplica la carga de compresión hasta que el testigo cilíndrico de barro falle.



F.3. Cálculo de la resistencia a tracción en testigos cilíndricos de barro

La resistencia a tracción de testigo cilíndrico de barro, se obtiene de la siguiente manera:

$$S_t = \frac{2 \times P_{max}}{\pi t d}$$

Donde:

S_t : Resistencia a tracción (kg/cm^2).

P_{max} : Carga máxima aplicada en el momento de falla del testigo cilíndrico (kg).

t: Espesor del testigo cilíndrico (cm).

d: Diámetro del testigo cilíndrico (cm).

Al concluir los ensayos se procede a calcular la resistencia a tracción de los testigos cilíndrico de barro (S_t), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a tracción del testigo cilíndrico de barro característica (S'_t) es igual a ($S_t - \sigma$)



4.3.6.2. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas del mortero de barro.

A. Resistencia del mortero a la compresión

A.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos se hicieron en la máquina universal INSTROM del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina nos proporciona una data de la carga aplicada, el desplazamiento, el esfuerzo en el punto de rotura, el esfuerzo máximo. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 1.5 mm/min.

Para el ensayo se escogió seis unidades de cilindros de mortero de barro de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 testigos cilíndricos de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura, el cual se detalla a continuación:

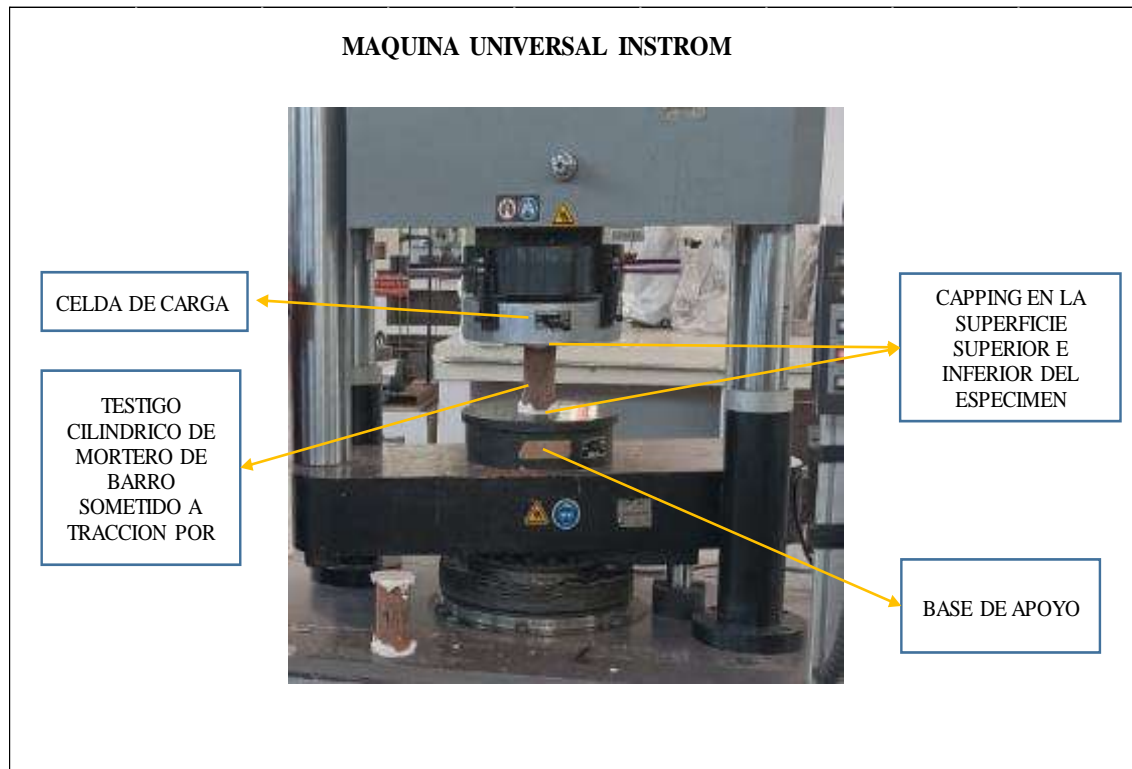
Tabla 17

Testigos cilíndricos de mortero de barro por cada tipo para el ensayo de resistencia a compresión.

Testigos cilíndricos de mortero de barro según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 46

Instrumentación de testigos cilíndricos de mortero de barro para prueba de compresión..



A.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la Norma “NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”, para realizar el ensayo de compresión.

- Se realiza la identificación de las unidades de adobe.
- Se pesa cada unidad de adobe en una balanza digital y se registra el valor.
- Se toma las medidas de diámetro y altura de cada espécimen cilíndrico.

- Se aplica un mortero de yeso dental, el cual se denomina “capping” sobre la superficie superior e inferior del espécimen cilíndrico, el cual entra en contacto con la celda de carga y la base de apoyo de la máquina universal, para así obtener una superficie plana en la que la carga se distribuya uniformemente.
- Se coloca los especímenes cilíndricos de mortero de barro sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie en contacto del cilindro; se pone de forma vertical el adobe con una esbeltez aproximada $(10/5)$ de 2.
- Se aplica la carga de compresión de manera constante y perpendicular hasta el momento de rotura del espécimen cilíndrico de mortero de barro.

DESCRIPCION DEL ENSAYO - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL MORTERO DE BARRO

Se coloca los especímenes cilíndricos de mortero de barro sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie en contacto del cilindro de barro.



Se aplica la carga de compresión hasta que el espécimen cilíndrico de mortero de barro falle.



A.3. Cálculo de la resistencia a compresión del mortero de barro

La resistencia a compresión de las unidades de adobe se obtiene de dividir la carga máxima en el momento de falla y el área transversal del cilindro de mortero de barro.

$$f_{o_{mor}} = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

$f_{o_{mor}}$: Resistencia a compresión (kg/cm^2).

P_{max} : Carga máxima en el momento de falla del adobe (kg).

A: Área transversal (cm^2).

Al concluir los ensayos se procede a calcular la resistencia a compresión para los especímenes cilíndricos de mortero de barro ($f_{o_{mor}}$), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a compresión del espécimen cilíndrico de mortero de barro característica ($f_{o'_{mor}}$) es igual a ($f_{o_{mor}} - \sigma$).



B. Ensayo de adherencia del mortero

B.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos se hicieron en la máquina universal INSTROM del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina nos proporciona una data de la carga aplicada, el desplazamiento, el esfuerzo máximo. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 0.75 mm/min.

Para el ensayo se escogió seis especímenes de adherencia (probeta de tres unidades de adobe con junta de 1.5 cm de espesor) de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 especímenes de adherencia, el cual se detalla a continuación:

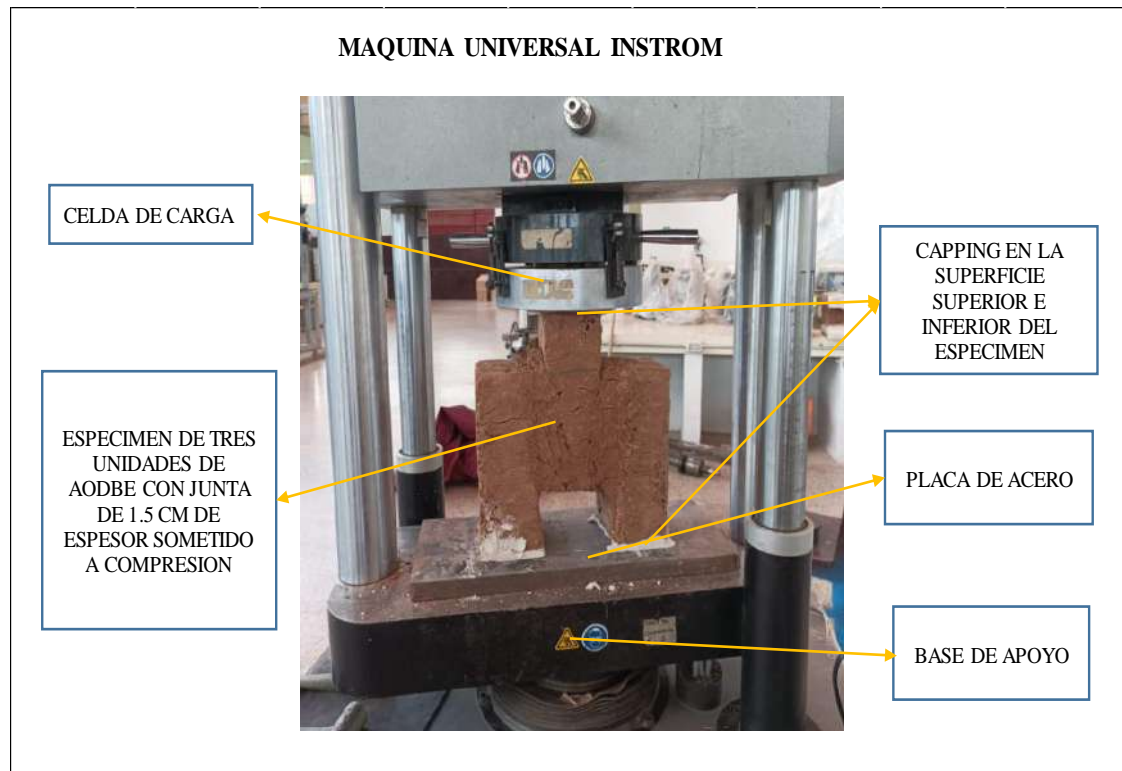
Tabla 18

Especímenes por tipo para ensayo de resistencia de adherencia de mortero.

Especímenes de tres unidades de adobe con junta de 1.5 cm de espesor según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 47

Instrumentación de probeta de tres piezas de adobe con junta de 1.5 cm de espesor, para prueba de adherencia de mortero.



B.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la norma Mexicana NMXC-082C1974. “Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas” (NMX-C-082-1974), para realizar el ensayo de compresión en probetas de tres unidades de adobe con junta de 1.5 cm de espesor.

- Se realiza la identificación de las unidades de adobe.
- Se toma las medidas de la longitud y ancho del adobe adherido a las otras dos unidades, con mortero de barro.

- Se aplica un mortero de yeso dental, el cual se denomina “capping” sobre la superficie superior e inferior del espécimen, el cual entran en contacto con la celda de carga y la base de apoyo de la máquina universal, para así obtener una superficie plana en la cual la carga se distribuya uniformemente.

- Se coloca los especímenes sobre la base de apoyo de la máquina universal; en el cual, el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie superior en contacto del espécimen. Se pone de forma vertical el espécimen, de manera que las unidades de adobe que conforman este, estén paradas.

- Se aplica la carga de compresión en la probeta de manera constante y perpendicular, hasta el momento de falla de las juntas de 1.5 cm de espesor (mortero de barro).

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO - RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN PROBETAS DE TRES UNIDADES DE ADOBE

Se coloca los especímenes sobre la base de apoyo, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie superior en contacto.



Se aplica la carga de compresión, hasta el momento de falla de las juntas de 1.5 cm de espesor (mortero de barro).



B.3. Cálculo del esfuerzo de adherencia del mortero

El esfuerzo de adherencia de mortero de las juntas de la probeta, se obtiene de dividir la carga máxima en el punto de despegue de las unidades y el área en la cual se aplica la carga.

$$f_{o-A} = \frac{P_{max}}{S}$$

Donde el área se calcula por la siguiente formula:

$$S = 2 \times \frac{2L}{3} \times a$$

Donde:

f_{o-A} : Esfuerzo de adherencia del mortero (kg/cm²).

P_{max} : Carga máxima aplicada que logra despegar los adobes (kg).

S : Área en el cual se aplica la carga (cm²).

L : Largo del adobe (cm).

a : Ancho del adobe (cm).



Al concluir los ensayos se procede a calcular el esfuerzo de adherencia de mortero de barro (f_{o-A}), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). El esfuerzo de adherencia de mortero de barro característica (f'_{o-A}) es igual a ($f_{o-A} - \sigma$)

C. Resistencia del mortero a la tracción en probetas de dos piezas de adobe

C.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos se hicieron en la máquina universal INSTROM del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina nos proporciona una data de la carga aplicada, el desplazamiento, el esfuerzo máximo. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 0.45 mm/min.

Para el ensayo se escogió seis especímenes (probeta de dos unidades de adobe con junta de 1.5 cm de espesor) de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 especímenes, el cual se detalla a continuación:

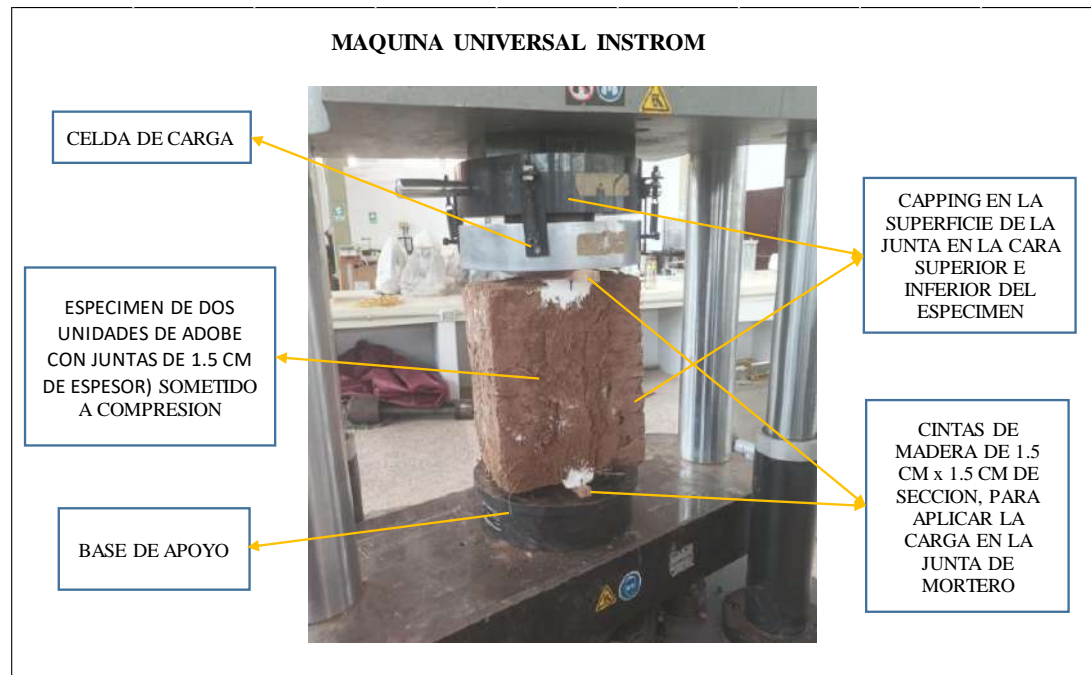
Tabla 19

Especímenes por tipo, para ensayo de resistencia del mortero a tracción.

Especímenes de dos unidades de adobe con junta de 1.5 cm de espesor según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 48

Instrumentación de probeta de dos piezas de adobe con junta de 1.5 cm de espesor, para prueba de tracción de mortero.



C.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada” para realizar el ensayo de tracción de mortero en probetas de dos unidades de adobe con junta de 1.5 cm de espesor.

- Se realiza la identificación de los especímenes de dos unidades de adobe.
- Se toma las medidas de la longitud y ancho del adobe adherido a otro con mortero de barro de espesor 1.5 cm.
- Se aplica un mortero de yeso dental, el cual se denomina “capping” sobre la superficie superior e inferior del espécimen, el cual entran en contacto con las cintas de madera, donde

estos entraran en contacto con la celda de carga y la base de apoyo de la máquina universal, para así obtener una superficie plana en la cual la carga se distribuya uniformemente solo en la junta del espécimen de dos piezas de adobe.

- Se coloca los especímenes sobre la cinta de madera y este sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la cinta de madera y este con la superficie superior en contacto del espécimen. Se pone de forma vertical el espécimen, de manera que las unidades de adobe que conforman este, estén paradas.

- Se aplica la carga de compresión en la probeta de dos piezas de manera constante y perpendicular hasta el momento de falla de las juntas de 1.5 cm de espesor (mortero de barro).

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO - RESISTENCIA A TRACCIÓN
DEL MORTERO EN PROBETAS DE DOS UNIDADES DE
ADOBE

Se coloca los especímenes sobre la cinta de madera, y este sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la cinta de madera, y este con la superficie superior en contacto del espécimen



Se aplica la carga de compresión, hasta el momento de falla de las juntas de 1.5 cm de espesor (mortero de barro).



C.3. Cálculo de la resistencia a tracción del mortero de barro

La resistencia a tracción de mortero de las juntas de la probeta, se obtiene de dividir la carga máxima en el punto de despegue de las unidades y el área transversal en la cual se aplica la carga.

$$f_{t_mor} = 0.5 \times \frac{P_{max}}{ab}$$

Donde:

f_{o_mor} : Resistencia a tracción del mortero (kg/cm^2).

P_{max} : Carga máxima aplicada con la cual falla la junta de mortero (kg).

a : Longitud del adobe (cm).

b : Ancho del adobe (cm).

Al concluir los ensayos se procede a calcular la resistencia a tracción del mortero de barro (f_{o_mor}), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a tracción del mortero de barro característica (f'_{o_mor}) es igual a (f_{o_mor})



4.3.6.3. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe.

A. Resistencia de muretes de adobe a compresión (ensayo de compresión axial en pilas)

Se realizó el ensayo de compresión axial en pilas, para determinar la resistencia a compresión de muretes de adobe.

A.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos de compresión axial en pilas de mampostería de adobe, se hicieron en la máquina universal INSTROM del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina nos proporciona una data de la carga aplicada, el desplazamiento, el esfuerzo en el punto de rotura y el esfuerzo máximo. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 35 kg/seg.

El total de pilas de mampostería de adobe ensayados fueron instrumentadas a través de dos diales digitales, con el objeto de registrar las deformaciones verticales.

Para el ensayo se escogió seis pilas de mampostería de adobe (conformada por cuatro unidades de adobe con juntas horizontales de 1.5 cm de espesor) de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 muretes de adobe, el cual se detalla a continuación:

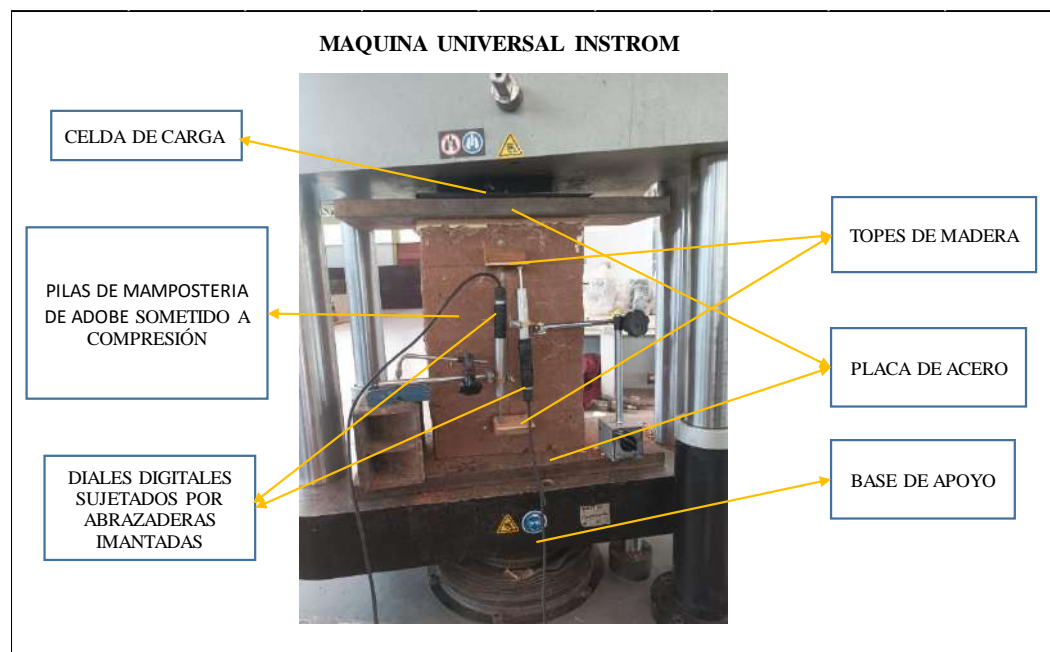
Tabla 20

Muretes de adobe por tipo para ensayo de compresión axial en pilas.

Pilas de mampostería de adobe, según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 49

Instrumentación de la pila de mampostería de adobe para ensayo de compresión axial.



A.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada”, para determinar la resistencia de compresión axial en pilas de mampostería de adobe.



- Se realiza la identificación y se toma las medidas de la longitud, ancho y altura de las pilas de mampostería de adobe.
- Se aplica un mortero de yeso dental, el cual se denomina “capping” sobre la superficie superior del espécimen, el cual entra en contacto con la celda de carga de la máquina universal, para así obtener una superficie plana en donde la carga se distribuya uniformemente.
- Se colocaron topes de madera en el eje vertical del espécimen, cuya distancia de tope a tope es de 25 cm y equidistante de los extremos de la pila de adobe.
- Se coloca los especímenes en forma vertical sobre la base de apoyo de la máquina universal, en el cual el centro de la celda de carga se alinea con el centro de la superficie superior en contacto del espécimen.
- Se colocó sobre la base de apoyo de la máquina universal, una placa de acero y sobre esta la pila, para así tener un asiento plano.
- Sobre la cara superior de la pila se colocó una placa de acero, con el objeto de aplicar una carga uniforme sobre toda la superficie en contacto con la celda de carga.
- Se colocaron dos diales digitales, el cual hicieron contacto con los topes de madera, para así obtener las deformaciones verticales al momento de aplicar la carga. Estos diales se colocaron con la ayuda de abrazaderas e imanes que se pegaron a la máquina universal.
- Se aplica la carga de compresión axial de manera constante y perpendicular hasta el momento de rotura de la pila de adobe.

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO - RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE

Colocación de topes de madera en el eje vertical de la pila, cuya distancia de tope a tope es de 25 cm y equidistante de los extremos de la pila de adobe.



Colocación de pilas en forma centrada, con respecto a la celda de carga, además de la colocación de placas de acero.



Colocación de los diales digitales para medir la deformación vertical.



Se aplica la carga de compresión axial, hasta que la pila de mampostería de adobe falle.



A.3. Cálculo de la resistencia a compresión axial en pilas de mampostería de adobe

La resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe, se obtiene de dividir la carga máxima en el momento de falla y el área transversal de la pila de adobe.

$$f_m = \frac{P_{\max}}{A}$$

Donde:

f_m : Resistencia a compresión de pilas de adobe (kg/cm^2).

P_{\max} : Carga máxima en el momento de falla que soporta la pila de adobe (kg).

A: Área transversal (cm^2).

Al concluir los ensayos se procede a calcular la resistencia a compresión axial para las pilas de adobe (f_m), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a compresión axial del murete de adobe característica (f'_m) es igual a ($f_m - \sigma$)



A.4. Cálculo del módulo de elasticidad

Para calcular el módulo de elasticidad (E_m), es necesario instrumentar las pilas de mampostería de adobe con dos diales digitales, los cuales medirán la deformación axial de la parte central equidistante de los extremos de la pila de adobe.

Para determinar el módulo de elasticidad (E_m), se toma en cuenta la parte más lineal de la gráfica carga vs desplazamiento, sin incluir la primera parte que contempla el reacomodo del espécimen en la máquina universal. La porción de la gráfica tomada para el análisis está comprendida entre el 20% y 50% de la carga rotura (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

El módulo de elasticidad, se obtiene de dividir “Esfuerzo axial en el tramo elástico y la deformación unitaria”.

$$\text{Esfuerzo Axial: } \Delta\sigma = \frac{\Delta P}{A}$$

$$\text{Deformación unitaria asociada a } \Delta P: \Delta\varepsilon = \frac{\Delta D}{L}$$

$$\text{Por ende, el Módulo de Elasticidad será: } E_m = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Donde:

$\Delta\sigma$ = Esfuerzo axial en el tramo elástico (kg/cm^2).

ΔP = Variación de carga en el tramo elástico (kg).

A = Área bruta (cm^2).

$\Delta\varepsilon$ = Deformación unitaria.

ΔD = Variación de desplazamiento en el tramo elástico (cm).

L = Longitud entre topes de madera que se encuentran en contacto con los diales manuales (cm).

E_m = Módulo de elasticidad (kg/cm^2).



B. Resistencia de la mampostería de adobe a la tracción indirecta (ensayo de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe)

B.1. Montaje e instrumentación

Los ensayos de muretes de mampostería de adobe, se hicieron en la máquina de compresión diagonal del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC; dicha máquina está compuesta por un marco de metal con un dial de carga de 1 Tn de lectura, una gata invertida que funciona con una palanca para aplicar carga sobre el murete, una celda de carga de capacidad de 22.6 Tn que va debajo de la gata y una escuadra metálica en la parte inferior del marco. Los ensayos se llevaron a cabo con una velocidad de 45 kg/seg.

El total de muretes de mampostería de adobe ensayados fueron instrumentadas a través de dos diales digitales y dos diales manuales, intercalados con el objeto de registrar las deformaciones horizontales y verticales.

Para el ensayo se escogió seis muretes de mampostería adobe de cada tipo de muestra, por lo que se ensayaron un total de 24 muretes de adobe, el cual se detalla a continuación:

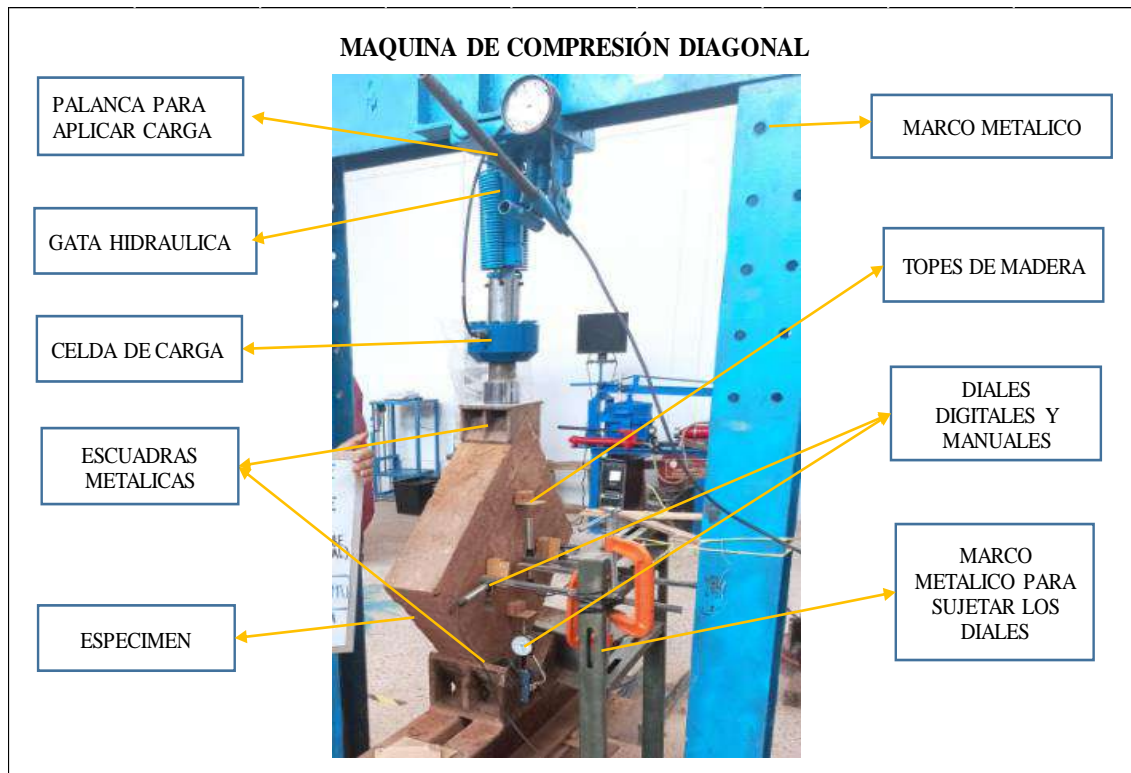
Tabla 21

Muretes de mampostería de adobe por tipo para ensayo de compresión diagonal.

Muretes de mampostería de adobe, según tipo de muestra y porcentaje de fibra	% de Paja	% de Retama	Cantidad de Especímenes
Tipo 1	0.75	0.00	06
Tipo 2	0.00	0.50	06
Tipo 3	0.00	0.75	06
Tipo 4	0.00	1.00	06

Figura 50

Instrumentación de la muretes de mampostería de adobe para ensayo de compresión diagonal.



B.2. Procedimiento de ensayo

Se tomó en cuenta la Norma E.080. “Diseño y Construcción con tierra reforzada”, para determinar la resistencia de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe.

- Se realiza la identificación de los muretes de mampostería de adobe.
- Se toma las medidas de la longitud, ancho y altura de los muretes de adobe.



- Se aplica un mortero de yeso y cemento, el cual se denomina “capping” sobre una parte de las superficies en encuentro correspondientes al plano de espesor del murete, para la distribución uniforme de la carga al momento de realizar el ensayo correspondiente.
- Se colocan topes de madera en los ejes diagonales del murete, cuya distancia de tope a tope es de 29 cm y equidistante de las esquinas del murete de adobe.
- Se coloca la escuadra metálica de carga inferior, de manera que la muestra esté centrada verticalmente con la superficie de la celda de carga de la máquina de compresión diagonal.
- Se coloca los especímenes en forma vertical sobre la escuadra metálica inferior, luego se alinea el centro de la arista superior del espécimen con el centro de la superficie de celda y por último, con una plomada se centra verticalmente el espécimen.
- Centrado el espécimen, se coloca la escuadra metálica de carga superior para posteriormente aplicar la carga.
- Se colocaron dos diales manuales y dos diales conectados a una computadora de tal forma que estas entren en contacto con los topes y puedan mostrar lecturas de las deformaciones en los 2 ejes diagonales del murete. Se logró colocar los diales de forma estática gracias a brazos e imanes que se pegaron a un marco metálico.
- Se aplica la carga de compresión diagonal de manera constante hasta el momento de rotura del murete de mampostería de adobe. Las deformaciones y la carga fueron registrados digitalmente mediante cables conectados a una computadora y diales manuales.

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO - RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES DE ADOBE

Colocación de topes de madera en los ejes diagonales del murete, cuya distancia de tope a tope es de 29 cm y equidistante de las esquinas del murete de adobe.



Colocación de especímenes en posición centrada y aplomada sobre la escuadra inferior del equipo de compresión diagonal.



Colocación de los diales digitales y manuales, así como también la celda de carga.



Se aplica la carga de compresión diagonal hasta que el murete de mampostería de adobe falle.



B.3. Cálculo de la resistencia a compresión diagonal en muretes

La resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe, se obtiene de dividir la carga máxima en el punto de rotura y el área neta del murete de mampostería de adobe.

Según la norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada, la resistencia a la compresión diagonal se obtiene de la siguiente fórmula:

$$V_m = \frac{P_{max}}{2ae_m}$$

Donde:

V_m : Resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe (kg/cm²).

P_{max} : Carga máxima en el punto de rotura que soporta el murete de adobe (kg).

a : Lado del murete (cm).

e_m : Espesor del murete (cm).



Al concluir los ensayos, se procede a calcular la resistencia a compresión diagonal para los muretes de adobe (V_m), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a compresión diagonal del murete de adobe característica (V'_m) es igual a ($V_m - \sigma$).

B.4. Cálculo del módulo de corte

Para calcular el módulo de corte, es necesario instrumentar una de las caras del murete con cuatro diales que midan la deformación en las diagonales; estos diales se colocan en los ejes diagonal en forma centrada y equidistante a las esquinas (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

Para determinar el módulo de corte (G_m), se toma en cuenta la parte más lineal de la gráfica carga vs desplazamiento, sin incluir la primera parte que contempla el reacomodo del espécimen en la máquina universal. La porción de la gráfica tomada para el análisis está comprendida entre el 15% y 40% de la carga rotura.

El módulo de corte se obtendrá de la división de la variación del esfuerzo de corte entre la deformación angular.

Variación de carga en la parte lineal de la gráfica: $\Delta P = P(40\%) - P(15\%)$

$$\text{Esfuerzo cortante: } \Delta V_m = \frac{\Delta P}{A} = \frac{\Delta P}{2ae_m}$$

Variación de desplazamiento en la parte lineal de la gráfica: $\Delta D = D(40\%) - D(15\%)$

$$\text{Deformación unitaria asociada a } \Delta P \text{ de cada dial: } \Delta \epsilon = \frac{\Delta D}{L}$$

$$\text{Deformación angular: } \gamma = \epsilon_v + \epsilon_H$$

Con lo cual el módulo de corte se obtiene de:



$$G_m = \frac{\Delta V_m}{\gamma}$$

Donde:

P (15%): Carga aplicada al 15% de la carga máxima de rotura (kg).

P (40%): Carga aplicada al 40% de la carga máxima de rotura (kg).

D (15%): Desplazamiento que corresponde al 15% de la carga máxima de rotura (mm).

D (40%): Desplazamiento que corresponde al 40% de la carga máxima de rotura (mm).

L: Distancia entre la base de los diales (cm).

a: Lado del murete (cm).

e_m : Espesor del murete (cm).

ϵ_v : Deformación unitaria vertical (mm/mm).

ϵ_H : Deformación unitaria horizontal (mm/mm).

4.3.7. Metodología del costo y beneficio del adobe con adición de fibra de retama y el adobe tradicional con adición de paja

A. Costos

Los costos son aquellos recursos, que intervienen en el gasto económico originado por la producción de algún bien o servicio. Este concepto envuelve la compra de insumos, el pago de la mano de obra, costo en la producción y administración.

- Mano de obra: El costo de la mano de obra está definido por el tipo de recurso empleado (operario, oficial y peón), por 8 horas trabajados.
- Materiales: Los costos de materiales son las unidades necesarias para producir una unidad de adobe y está en función al precio de adquisición de materiales y transporte.



- Equipos y maquinarias: Los costos de equipos y maquinarias son medios auxiliares que se pueden adquirir; por ejemplo, alquiler de maquinaria o equipo.

Los costos unitarios de producción son la base para la evaluación de las partidas que intervienen en el presupuesto de fabricación, el análisis de precios unitarios facilita la integración del costo financiero y costo de producción en obra.

Para la determinación de costos unitarios de producción, se tomó información de los costos de producción y la cantidad producida por día de los productores de adobes elaborados en el distrito de Oropesa, en el tramo de la carretera Huasao- Tipón.

La fórmula para determinar los costos unitarios de producción es:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Cantidad producida}}$$



CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO DE DATOS Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

5.1. UNIDAD DE ADOBE

5.1.1. Variación dimensional

Se muestra el resultado de la medición de las dimensiones de adobes, secados por 28 días.

Tabla 22

Ensayo de variación dimensional del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)					
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	
1	25.2	25.3	25.6	25.2	25.33	12.3	12.0	11.5	12.4	12.05	8.3	8.5	8.7	8.4	8.48	
2	25.0	25.6	25.8	25.5	25.48	11.6	12.3	12.3	12.3	12.13	8.7	9.0	8.9	8.6	8.80	
3	25.0	25.2	25.1	25.3	25.15	12.0	12.2	12.3	12.2	12.18	8.8	8.8	9.1	8.7	8.85	
4	25.0	25.0	25.7	25.4	25.28	11.9	12.2	12.3	12.2	12.15	8.9	8.8	8.6	9.0	8.83	
5	25.1	25.2	25.5	25.0	25.20	11.8	12.2	12.2	12.3	12.13	9.4	9.0	8.8	8.9	9.03	
6	24.9	25.3	25.6	25.1	25.23	11.9	12.1	12.4	12.2	12.15	8.4	8.9	8.5	8.6	8.60	
DIMENSIÓN PROMEDIO					25.28						12.13					
DIMENSIÓN NOMINAL					26.00						13.00					
VARIACIÓN DIMENSIONAL					2.79%						6.70%					

Tabla 23

Variación volumétrica del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm ³)
1	25.33	12.05	8.48	2586.28
2	25.48	12.13	8.80	2718.18
3	25.15	12.18	8.85	2709.88
4	25.28	12.15	8.83	2710.08
5	25.20	12.13	9.03	2757.59
6	25.23	12.15	8.60	2635.76



VOLUMEN PROMEDIO	2686.30
VOLUMEN NOMINAL	3042.00
VARIACIÓN VOLUMÉTRICA	11.69%

La variación dimensional de las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja, determinada al realizar las mediciones es de 2.79 % en longitud, 6.7 % en ancho y 2.64 % en la altura y la variación volumétrica es de 11.69%.

Tabla 24

Ensayo de variación dimensional del adobe con adición de 0.5 % en peso de fibra de retama.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)					
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	
1	23.8	24.6	24.8	24.1	24.33	11.7	12.1	12.6	12.2	12.15	8.3	8.2	8.9	8.5	8.48	
2	23.9	24.4	24.6	24.5	24.35	12.0	12.1	12.5	12.1	12.18	8.7	8.7	8.6	8.8	8.70	
3	24.5	24.6	24.8	24.7	24.65	11.7	12.2	12.7	12.3	12.23	8.4	8.8	8.5	8.5	8.55	
4	24.0	24.4	24.6	24.2	24.30	11.9	12.1	12.3	11.9	12.05	8.6	8.7	8.6	8.5	8.60	
5	24.1	24.1	24.2	24.1	24.13	12.1	11.9	12.0	12.0	12.00	8.7	8.6	8.7	8.6	8.65	
6	13.8	24.0	24.5	24.4	21.68	11.7	12.1	12.2	12.1	12.03	8.6	8.1	8.5	8.3	8.38	
DIMENSIÓN PROMEDIO					23.90						12.10					
DIMENSIÓN NOMINAL					26.00						13.00					
VARIACIÓN DIMENSIONAL					8.06%						6.89%					

Tabla 25

Variación volumétrica del adobe con adición de 0.5 % en peso de fibra de retama.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm ³)
1	24.33	12.15	8.48	2504.78
2	24.35	12.18	8.70	2579.21
3	24.65	12.23	8.55	2576.51
4	24.30	12.05	8.60	2518.21
5	24.13	12.00	8.65	2504.18



6	21.68	12.03	8.38	2182.88
	VOLUMEN PROMEDIO			2477.63
	VOLUMEN NOMINAL			3042.00
	VARIACIÓN VOLUMÉTRICA			18.55%

La variación dimensional de las unidades de adobe con adición de 0.5 % en peso de fibra de retama, determinada al realizar las mediciones es de 8.06 % en longitud, 6.89 % en ancho y 4.91 % en la altura y la variación volumétrica es de 18.55 %.

Tabla 26

Ensayo de variación dimensional del adobe con adición de 0.75 % en peso de fibra de retama.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)						
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.		
1	24.6	24.5	24.5	24.3	24.48	12.2	12.1	12.1	12.0	12.10	8.6	8.4	8.6	8.7	8.58		
2	24.5	24.3	24.2	24.3	24.33	12.7	12.1	12.0	12.1	12.23	8.2	8.4	8.6	8.3	8.38		
3	24.3	24.4	24.1	24.1	24.23	12.0	11.9	12.4	12.0	12.08	8.3	8.5	8.4	8.2	8.35		
4	24.6	24.5	24.6	24.4	24.53	12.4	12.1	12.1	12.2	12.20	8.8	8.3	8.7	8.5	8.58		
5	24.5	24.3	24.2	24.4	24.35	12.1	11.9	12.1	12.1	12.05	8.6	8.3	8.4	8.5	8.45		
6	24.5	24.4	24.4	24.2	24.38	12.0	12.0	11.9	11.8	11.93	9.1	8.9	8.8	8.6	8.85		
DIMENSIÓN PROMEDIO					24.38						12.10						8.53
DIMENSIÓN NOMINAL					26.00						13.00						9.00
VARIACIÓN DIMENSIONAL					6.23%						6.96%						5.23%

Tabla 27

Variación volumétrica del adobe con adición de 0.75 % en peso de fibra de retama.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm ³)
1	24.48	12.10	8.58	2539.46
2	24.33	12.23	8.38	2490.50
3	24.23	12.08	8.35	2442.52



4	24.53	12.20	8.58	2565.68
5	24.35	12.05	8.45	2479.38
6	24.38	11.93	8.85	2572.45
VOLUMEN PROMEDIO				2515.00
VOLUMEN NOMINAL				3042.00
VARIACIÓN VOLUMÉTRICA				17.32%

La variación dimensional de las unidades de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, determinada al realizar las mediciones es de 6.23% en longitud, 6.96% en ancho y 5.23% en la altura y la variación volumétrica es de 17.32%.

Tabla 28

Ensayo de variación dimensional del adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)						
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.		
1	24.8	24.8	24.9	24.7	24.80	12.4	12.3	12.1	12.2	12.25	8.4	8.5	8.6	8.2	8.43		
2	24.9	24.7	24.7	24.6	24.73	12.1	12.1	12.0	12.0	12.05	8.2	8.4	8.4	8.4	8.35		
3	24.7	24.4	24.3	25.0	24.60	12.0	12.0	12.1	12.4	12.13	8.8	8.6	8.4	8.4	8.55		
4	25.0	24.7	24.7	24.7	24.78	12.0	12.5	11.9	12.0	12.10	9.0	8.8	8.2	8.8	8.70		
5	24.7	25.0	24.6	24.4	24.68	12.2	12.1	12.0	12.1	12.10	8.4	8.6	8.5	8.3	8.45		
6	24.5	24.7	24.7	24.5	24.60	12.2	12.2	12.1	12.0	12.13	8.4	8.3	8.4	8.4	8.38		
DIMENSIÓN PROMEDIO					24.70						12.13						8.48
DIMENSIÓN NOMINAL					26.00						13.00						9.00
VARIACIÓN DIMENSIONAL					5.02%						6.73%						5.83%



Tabla 29

Variación volumétrica del adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm³)
1	24.80	12.25	8.43	2559.52
2	24.73	12.05	8.35	2487.77
3	24.60	12.13	8.55	2550.25
4	24.78	12.10	8.70	2608.06
5	24.68	12.10	8.45	2522.90
6	24.60	12.13	8.38	2498.05
VOLUMEN PROMEDIO				2537.76
VOLUMEN NOMINAL				3042.00
VARIACIÓN VOLUMÉTRICA				16.58%

La variación dimensional de las unidades de adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama, determinada al realizar las mediciones es de 5.02% en longitud, 6.73% en ancho y 5.83% en la altura y la variación volumétrica es de 16.58%.

Tabla 30

Variación dimensional y volumétrica promedio por tipo de muestra.

TIPO DE MUESTRA	VARIACIÓN DIMENSIONAL			VARIACIÓN VOLUMÉTRICA
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	
1	2.79%	6.70%	2.64%	11.69%
2	8.06%	6.89%	4.91%	18.55%
3	6.23%	6.96%	5.23%	17.32%
4	5.02%	6.73%	5.83%	16.58%



5.1.2. Absorción

Tabla 31

Ensayo de absorción del adobe.

Especímen	Muestra	Peso Wd (gr)	Tiempo de absorción (min)	Peso saturado Ws (gr)
Adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	M - 01	4677.27	57	No se pudo realizar el pesaje de la muestra saturada, debido a que la unidad de adobe se desintegro antes de las 24 horas.
	M - 02	4599.92	57	
	M - 03	4622.64	57	
	M - 04	4716.14	57	
Adobe con adición de 0.5 % en peso de fibra de retama.	M - 01	4582.55	226	No se pudo realizar el pesaje de la muestra saturada, debido a que la unidad de adobe se desintegro antes de las 24 horas.
	M - 02	4610.97	226	
	M - 03	4573.33	226	
	M - 04	4627.35	226	
Adobe con adición de 0.75 % en peso de fibra de retama.	M - 01	4784.9	226	No se pudo realizar el pesaje de la muestra saturada, debido a que la unidad de adobe se desintegro antes de las 24 horas.
	M - 02	4647.37	226	
	M - 03	4564.95	226	
	M - 04	4849.63	226	
Adobe con adición de 1.0 % en peso de fibra de retama.	M - 01	4650.15	1380	No se pudo realizar el pesaje de la muestra saturada, debido a que la unidad de adobe se desintegro antes de las 24 horas.
	M - 02	4561.68	1380	
	M - 03	4519.64	1380	
	M - 04	4714.48	1380	

No se pudo concluir el ensayo, debido a que las unidades de adobe con adición de 0.75% en peso de paja ensayadas, se desintegraron parcial y totalmente en un periodo menor a 57 min. Las unidades de adobe con 0.50% y 0.75% en peso de fibra de retama, se desintegraron parcial y totalmente en un periodo menor a 3 horas y 46 min. Y las unidades de adobe con 1.00% en peso de fibra de retama, se desintegraron parcial y totalmente en un periodo menor a 23 horas.

Figura 51

En la imagen se aprecia la inmersión en agua de las unidades de adobe, para el ensayo de absorción.



5.1.3. Resistencia a compresión

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de compresión en unidades de adobe:

Tabla 32

Ensayo de resistencia a compresión del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.

Especímen	Dimensiones (cm)			Area (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M- 01	24.75	12.30	8.70	107.01	943.47	8.82
M- 02	24.88	12.30	8.53	104.86	1064.13	10.15
M- 03	24.73	12.28	8.48	104.03	982.03	9.44
M- 04	24.73	12.03	8.45	101.61	897.20	8.83
Resistencia a compresión promedio fo = (kg/cm²):						9.31
Desviación estándar σ = (kg/cm²):						0.63
Coefficiente de variación (dispersion):						6.77%
Resistencia característica f'o = (kg/cm²):						8.68



Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 9.31 kg/cm², una desviación estándar de 0.63 y un coeficiente de variación (dispersión) de 6.77%.

Tabla 33

Ensayo de resistencia a compresión del adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.

Especímen	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M- 01	23.85	12.00	8.58	102.90	1246.92	12.12
M- 02	23.80	11.98	8.28	99.09	1578.50	15.93
M- 03	23.90	12.13	8.45	102.46	1375.74	13.43
M- 04	23.98	12.08	8.68	104.75	1114.93	10.64
Resistencia a compresión promedio fo = (kg/cm²):						13.03
Desviación estándar σ = (kg/cm²):						2.24
Coefficiente de variación (dispersion):						17.22%
Resistencia característica f'o = (kg/cm²):						10.79

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 13.03 kg/cm², una desviación estándar de 2.24 y un coeficiente de variación (dispersión) de 17.22%.

Tabla 34

Ensayo de resistencia a compresión del adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Especímen	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M- 01	24.08	11.90	8.38	99.66	1836.59	18.43
M- 02	23.95	11.98	8.63	103.28	1805.75	17.48
M- 03	24.28	12.15	8.45	102.67	1937.29	18.87



M- 04	24.30	12.08	8.40	101.43	1925.95	18.99
Resistencia a compresión promedio $f_o = (kg/cm^2)$:						18.44
Desviación estándar $\sigma = (kg/cm^2)$:						0.69
Coefficiente de variación (dispersion):						3.72%
Resistencia característica $f'_{o} = (kg/cm^2)$:						17.75

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 18.44 kg/cm², una desviación estándar de 0.69 y un coeficiente de variación (dispersión) de 3.72%.

Tabla 35

Ensayo de resistencia a compresión del adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama.

Especímen	Dimensiones (cm)			Area (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión f_o (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M- 01	24.20	12.10	8.30	100.43	1937.29	19.29
M- 02	24.23	12.05	8.60	103.63	1365.77	13.18
M- 03	24.38	12.05	8.48	102.12	1857.91	18.19
M- 04	24.25	11.93	8.70	103.75	1387.54	13.37
Resistencia a compresión promedio $f_o = (kg/cm^2)$:						16.01
Desviación estándar $\sigma = (kg/cm^2)$:						3.19
Coefficiente de variación (dispersion):						19.91%
Resistencia característica $f'_{o} = (kg/cm^2)$:						12.82

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 16.01 kg/cm², una desviación estándar de 3.19 y un coeficiente de variación (dispersión) de 19.91%.



Tabla 36

Resistencia a compresión simple promedio de unidades de adobe por tipo.

Tipo de muestra	Resistencia a compresión promedio f_o (kg/cm²)	Desviación estándar σ (kg/cm²):	Coefficiente de variación (dispersion)	Resistencia característica f'_{o} (kg/cm²):
Adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	9.31	0.63	6.77%	8.68
Adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	13.03	2.24	17.22%	10.79
Adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	18.44	0.69	3.72%	17.75
Adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	16.01	3.19	19.91%	12.82

5.1.4. Resistencia a flexión en tres puntos

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de resistencia a flexión en tres puntos en unidades de adobe:

Tabla 37

Ensayo de resistencia a flexión en tres puntos del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre apoyos (L)	Carga máxima (kg)	Resistencia a flexión en tres puntos f_t (kg/cm²)
	Longitud	Ancho (b)	Altura (B)			
M- 01	25.13	12.30	8.68	22	82.10	2.93
M- 02	25.50	12.40	8.83	22	141.97	4.85
M- 03	25.03	12.30	8.80	22	111.13	3.85
M- 04	25.28	12.43	8.75	22	92.99	3.23



Resistencia a flexión en tres puntos promedio $f_t = (\text{kg/cm}^2)$:	3.71
Desviación estándar $\sigma = (\text{kg/cm}^2)$:	0.85
Coefficiente de variación (dispersión):	22.93%
Resistencia característica $f'_t = (\text{kg/cm}^2)$:	2.86

Con los resultados registrados de los ensayos de flexión en tres puntos de las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja, se obtuvo una resistencia a flexión en tres puntos promedio de 3.71 kg/cm², una desviación estándar de 0.85 y un coeficiente de variación (dispersión) de 22.93%.

Tabla 38

Ensayo de resistencia a flexión en tres puntos del adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre apoyos (L)	Carga máxima (kg)	Resistencia a flexión en tres puntos $f_t (\text{kg/cm}^2)$
	Longitud	Ancho (b)	Altura (B)			
M- 01	24.48	12.20	8.93	22	193.68	6.58
M- 02	24.25	11.98	8.55	22	114.76	4.33
M- 03	24.18	12.00	8.60	22	207.29	7.71
M- 04	24.23	11.98	8.40	22	142.88	5.58
Resistencia a flexión en tres puntos promedio $f_t = (\text{kg/cm}^2)$:						6.05
Desviación estándar $\sigma = (\text{kg/cm}^2)$:						1.44
Coefficiente de variación (dispersión):						23.80%
Resistencia característica $f'_t = (\text{kg/cm}^2)$:						4.61

Con los resultados registrados de los ensayos de flexión en tres puntos de las unidades de adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a flexión en tres



puntos promedio de 6.05 kg/cm², una desviación estándar de 1.44 y un coeficiente de variación (dispersión) de 23.80%.

Tabla 39

Ensayo de resistencia a flexión en tres puntos del adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre apoyos (L)	Carga máxima (kg)	Resistencia a flexión en tres puntos ft (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho (b)	Altura (B)			
M- 01	24.33	12.23	8.38	22	166.01	6.39
M- 02	24.23	12.08	8.35	22	167.38	6.56
M- 03	24.53	12.20	8.58	22	203.21	7.48
M- 04	24.35	12.05	8.45	22	158.30	6.07
Resistencia a flexión en tres puntos promedio ft = (kg/cm²):						6.62
Desviación estándar σ = (kg/cm²):						0.60
Coefficiente de variación (dispersión):						9.10%
Resistencia característica f't = (kg/cm²):						6.02

Con los resultados registrados de los ensayos de flexión en tres puntos de las unidades de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a flexión en tres puntos promedio de 6.62 kg/cm², una desviación estándar de 0.60 y un coeficiente de variación (dispersión) de 9.10%.

Tabla 40

Ensayo de resistencia a flexión en tres puntos del adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre apoyos (L)	Carga máxima (kg)	Resistencia a flexión en
	Longitud	Ancho (b)	Altura (B)			



						tres puntos ft (kg/cm²)
M- 01	24.80	12.25	8.20	22	204.12	8.18
M- 02	24.73	12.05	8.40	22	159.66	6.20
M- 03	24.78	12.10	8.80	22	186.43	6.57
M- 04	24.60	12.13	8.40	22	168.74	6.51
Resistencia a flexión en tres puntos promedio ft = (kg/cm²):						6.86
Desviación estándar σ = (kg/cm²):						0.89
Coefficiente de variación (dispersión):						13.00%
Resistencia característica f't = (kg/cm²):						5.97

Con los resultados registrados de los ensayos de flexión en tres puntos de las unidades de adobe con adición de 1.0% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a flexión en tres puntos promedio de 6.86 kg/cm², una desviación estándar de 0.89 y un coeficiente de variación (dispersión) de 13.00%.

Tabla 41

Resistencia a flexión en tres puntos promedio de unidades de adobe por tipo.

Tipo de muestra	Resistencia a flexión en tres puntos promedio ft (kg/cm²)	Desviación estándar σ (kg/cm²)	Coefficiente de variación (dispersión)	Resistencia característica f't (kg/cm²)
Adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	3.71	0.85	22.93%	2.86
Adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	6.05	1.44	23.80%	4.61
Adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	6.62	0.60	9.10%	6.02
Adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	6.86	0.89	13.00%	5.97



5.1.5. Resistencia a compresión en cubos de adobe

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de compresión en cubos de adobe:

Tabla 42

Ensayo de resistencia a compresión en cubos de adobe con 0.75% en peso de paja.

Especímen	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo_cub (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M - 01	9.55	9.40	8.25	89.77	2018.48	22.49
M - 02	9.45	9.45	8.20	89.30	1676.48	18.77
M - 03	9.45	9.40	8.53	88.83	1872.43	21.08
M - 04	9.45	9.50	8.85	89.78	1865.62	20.78
Resistencia a compresión promedio fo_cub = (kg/cm²):						20.78
Desviación estandar σ = (kg/cm²):						1.53
Coefficiente de variación (dispersión):						7.36%
Resistencia característica f'o_cub = (kg/cm²):						19.25

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de los cubos de adobe con 0.75% en peso de paja, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 20.78 kg/cm², una desviación estándar de 1.53 y un coeficiente de variación (dispersión) de 7.36%.

Tabla 43

Ensayo de resistencia a compresión de cubos de adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.

Especímen	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo_cub (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M - 01	9.20	9.25	8.70	85.10	1769.46	20.79
M - 02	9.15	9.15	8.80	83.72	1671.94	19.97
M - 03	9.10	9.15	8.60	83.27	1588.93	19.08



M - 04	9.05	9.15	8.60	82.81	1716.85	20.73
Resistencia a compresion promedio fo = (kg/cm²):						20.14
Desviación estandar σ = (kg/cm²):						0.80
Coefficiente de variación (dispersión):						3.98%
Resistencia caracteristica f'º = (kg/cm²):						19.34

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de los cubos de adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 20.14 kg/cm², una desviación estándar de 0.80 y un coeficiente de variación (dispersión) de 3.98%.

Tabla 44

Ensayo de resistencia a compresión de cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Especímen	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo_cub (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M - 01	9.10	9.10	8.80	82.81	1832.97	22.13
M - 02	9.00	9.10	8.70	81.90	2027.10	24.75
M - 03	9.15	9.15	8.70	83.72	1888.30	22.55
M - 04	9.15	9.10	8.80	83.27	1628.85	19.56
Resistencia a compresion promedio fo = (kg/cm²):						22.25
Desviación estandar σ = (kg/cm²):						2.13
Coefficiente de variación (dispersión):						9.56%
Resistencia caracteristica f'º = (kg/cm²):						20.12

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de los cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 22.25 kg/cm², una desviación estándar de 2.13 y un coeficiente de variación (dispersión) de 9.56%.



Tabla 45

Ensayo de resistencia a compresión de cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Especímen	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo_cub (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M - 01	9.30	9.25	9.00	86.03	1443.78	16.78
M - 02	9.35	9.25	9.00	86.49	1726.37	19.96
M - 03	9.20	9.15	8.90	84.18	1949.54	23.16
M - 04	9.15	9.10	9.00	83.27	1666.95	20.02
Resistencia a compresion promedio fo = (kg/cm²):						19.98
Desviación estandar σ = (kg/cm²):						2.60
Coefficiente de variación (dispersión):						13.03%
Resistencia característica f'º = (kg/cm²):						17.38

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de los cubos de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 19.98 kg/cm², una desviación estándar de 2.60 y un coeficiente de variación (dispersión) de 13.03%.

Tabla 46

Resistencia a compresión simple promedio de cubos de adobe por tipo.

Tipo de muestra	Resistencia a compresión promedio fo_cub (kg/cm ²)	Desviación estandar σ (kg/cm ²):	Coefficiente de variación (dispersión)	Resistencia característica f'º_cub (kg/cm ²):
Cubos de adobe con 0.75% en peso de paja	20.78	1.53	7.36%	19.25
Cubos de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	20.14	0.80	3.98%	19.34



Cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	22.25	2.13	9.56%	20.12
Cubos de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	19.98	2.60	13.03%	17.38

5.1.6. Resistencia a la tracción de testigos cilíndricos de barro para adobe

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de compresión del mortero:

Tabla 47

Ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con 0.75% en peso de paja.

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción S_t (kg/cm ²)
	espesor (t)	diametro (d)		
M - 01	27.40	14.30	1387.99	2.26
M - 02	27.40	14.10	1676.48	2.76
M - 03	27.80	14.35	1465.56	2.34
M - 04	27.90	14.20	1525.88	2.45
Resistencia a compresion promedio $S_t =$ (kg/cm²):				2.45
Desviación estandar $\sigma =$ (kg/cm²):				0.22
Coefficiente de variación (dispersión):				9.07%
Resistencia caracteristica $S'_t =$ (kg/cm²):				2.23

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción de testigos cilíndricos de barro con 0.75% en peso de paja, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 2.45 kg/cm², una desviación estándar de 0.22 y un coeficiente de variación (dispersión) de 9.07%.



Tabla 48

Ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción St (kg/cm ²)
	espesor (t)	diametro (d)		
M - 01	27.35	13.95	1909.17	3.19
M - 02	27.55	14.05	2019.85	3.32
M - 03	26.85	13.90	1847.48	3.15
M - 04	27.10	13.85	1725.92	2.93
Resistencia a compresion promedio St = (kg/cm²):				3.15
Desviación estandar σ = (kg/cm²):				0.16
Coefficiente de variación (dispersión):				5.20%
Resistencia caracteristica S't = (kg/cm²):				2.99

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 3.15 kg/cm², una desviación estándar de 0.16 y un coeficiente de variación (dispersión) de 5.20%.

Tabla 49

Ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción St (kg/cm ²)
	espesor (t)	diametro (d)		
M - 01	27.75	13.95	2006.24	3.30
M - 02	27.50	14.05	1608.44	2.65
M - 03	27.15	14.00	2106.93	3.53
M - 04	27.25	13.80	2087.88	3.53
Resistencia a compresion promedio St = (kg/cm²):				3.25
Desviación estandar σ = (kg/cm²):				0.42



Coefficiente de variación (dispersión):	12.82%
Resistencia característica $S't = (kg/cm^2)$:	2.83

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 3.25 kg/cm², una desviación estándar de 0.42 y un coeficiente de variación (dispersión) de 12.82%.

Tabla 50

Ensayo de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción S_t (kg/cm ²)
	espesor (t)	diametro (d)		
M - 01	27.80	14.30	2223.51	3.56
M - 02	28.15	14.15	1990.36	3.18
M - 03	27.95	14.00	2018.03	3.28
M - 04	27.70	14.05	2528.78	4.14
Resistencia a compresion promedio $S_t = (kg/cm^2)$:				3.54
Desviación estandar $\sigma = (kg/cm^2)$:				0.43
Coefficiente de variación (dispersión):				12.11%
Resistencia característica $S't = (kg/cm^2)$:				3.11

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 3.54 kg/cm², una desviación estándar de 0.43 y un coeficiente de variación (dispersión) de 12.11%.



Tabla 51

Resistencia a tracción promedio de testigos cilíndricos de barro por tipo.

Tipo de muestra	Resistencia a tracción promedio S_t (kg/cm²)	Desviación estandar σ (kg/cm²):	Coefficiente de variación (dispersión)	Resistencia característica S'_t (kg/cm²):
Testigos cilíndricos de barro con 0.75% en peso de paja	2.45	0.22	9.07%	2.23
Testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	3.15	0.16	5.20%	2.99
Testigos cilíndricos de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	3.25	0.42	12.82%	2.83
Testigos cilíndricos de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	3.54	0.43	12.11%	3.11

5.2. MORTERO DE BARRO

5.2.1. Resistencia del mortero a la compresión

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de compresión del mortero:

Tabla 52

Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.75% en peso de paja

Muestra	Dimensiones (cm)		Area (cm²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión F_{o_mor} (kg/cm²)
	Altura	Diámetro			
M- 01	9.05	4.70	17.35	147.87	8.52
M- 02	9.25	4.90	18.86	218.63	11.59
M- 03	8.95	4.80	18.10	155.13	8.57
M- 04	9.25	4.80	18.10	150.14	8.30



Resistencia a compresión promedio fo_mor (kg/cm²):	9.25
Desviación estandar σ (kg/cm²):	1.57
Coefficiente de variación (dispersión):	16.97%
Resistencia característica f'o_mor (kg/cm²):	7.68

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.75% en peso de paja, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 9.00 kg/cm², una desviación estándar de 1.77 y un coeficiente de variación (dispersión) de 19.69%.

Tabla 53

Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Area (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión Fo_mor (kg/cm ²)
	Altura	Diámetro			
M- 01	8.90	4.80	18.10	357.43	19.75
M- 02	9.30	4.73	17.53	356.98	20.36
M- 03	9.20	4.85	18.47	338.38	18.32
M- 04	8.95	4.60	16.62	351.53	21.15
Resistencia a compresión promedio fo_mor (kg/cm²):					19.89
Desviación estandar σ (kg/cm²):					1.20
Coefficiente de variación (dispersión):					6.03%
Resistencia característica f'o_mor (kg/cm²):					18.69

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 0.5% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 19.89 kg/cm², una desviación estándar de 1.20 y un coeficiente de variación (dispersión) de 6.03%.



Tabla 54

Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Area (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión Fo_mor (kg/cm ²)
	Altura	Diámetro			
M- 01	8.95	4.70	17.35	394.17	22.72
M- 02	8.93	4.60	16.62	358.34	21.56
M- 03	9.05	4.85	18.47	397.35	21.51
M- 04	9.05	4.73	17.53	422.29	24.08
Resistencia a compresión promedio fo_mor (kg/cm²):					22.47
Desviación estandar σ (kg/cm²):					1.21
Coefficiente de variación (dispersión):					5.40%
Resistencia característica f'o_mor (kg/cm²):					21.26

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 22.47 kg/cm², una desviación estándar de 1.21 y un coeficiente de variación (dispersión) de 5.40%.

Tabla 55

Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Area (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión Fo_mor (kg/cm ²)
	Altura	Diámetro			
M- 01	9.05	4.73	17.53	504.39	28.77
M- 02	9.10	4.70	17.35	544.31	31.37
M- 03	9.03	4.80	18.10	608.27	33.61
M- 04	8.95	4.80	18.10	511.20	28.25
Resistencia a compresión promedio fo_mor (kg/cm²):					30.50



Desviación estandar σ (kg/cm²):	2.49
Coefficiente de variación (dispersión):	8.15%
Resistencia característica f'_{o_mor} (kg/cm²):	28.01

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con adición de 1.0% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 30.50 kg/cm², una desviación estándar de 2.49 y un coeficiente de variación (dispersión) de 8.15%.

Tabla 56

Resistencia a la compresión promedio de testigos de mortero de barro por tipo.

Tipo de muestra	Resistencia a compresión promedio f'_{o_mor} (kg/cm²):	Desviación estandar σ (kg/cm²):	Coefficiente de variación (dispersión)	Resistencia característica f'_{o_mor} (kg/cm²)
Adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	9.25	1.57	16.97%	7.68
Adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	19.89	1.20	6.03%	18.69
Adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	22.47	1.21	5.40%	21.26
Adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	30.50	2.49	8.15%	28.01

5.2.2. Esfuerzo de adherencia del mortero

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de esfuerzo de adherencia del mortero:



Tabla 57

Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro con 0.75% en peso de paja.

Muestra	Dimensiones (cm)		Área (S) (cm ²)	Carga máxima (Pmax) (kg)	Esfuerzo de adherencia Fo_A (kg/cm ²)
	Longitud (L)	Ancho (a)			
M- 01	25.20	12.30	413.28	222.26	0.54
M- 02	25.05	12.60	420.84	209.11	0.50
M- 03	25.20	12.30	413.28	171.91	0.42
M- 04	24.95	12.40	412.51	127.46	0.31
Resistencia a compresion promedio fo_A (kg/cm²):					0.44
Desviación estandar σ (kg/cm²):					0.10
Coefficiente de variación (dispersión):					22.93%
Resistencia caracteristica f'o_A (kg/cm²):					0.34

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 0.75% en peso de paja, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.55 kg/cm², una desviación estándar de 0.15 y un coeficiente de variación (dispersión) de 26.94%.

Tabla 58

Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro con 0.5% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Área (S) (cm ²)	Carga máxima (Pmax) (kg)	Esfuerzo de adherencia Fo_A (kg/cm ²)
	Longitud (L)	Ancho (a)			
M- 01	25.20	12.30	413.28	136.98	0.33
M- 02	24.95	12.40	412.51	151.95	0.37
M- 03	25.05	12.60	420.84	201.85	0.48
M- 04	24.95	12.40	412.51	143.34	0.35
Resistencia a compresión promedio fo_A (kg/cm²):					0.38
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.07
Coefficiente de variación (dispersión):					17.63%
Resistencia característica f'o_A (kg/cm²):					0.31



Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 0.5% en peso de fibra de retama, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.38 kg/cm², una desviación estándar de 0.07 y un coeficiente de variación (dispersión) de 17.63%.

Tabla 59

Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro con 0.75% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Área (S) (cm ²)	Carga máxima (Pmax) (kg)	Esfuerzo de adherencia Fo_A (kg/cm ²)
	Longitud (L)	Ancho (a)			
M- 01	25.05	12.60	420.84	198.67	0.47
M- 02	24.95	12.45	414.17	203.21	0.49
M- 03	25.20	12.30	413.28	185.97	0.45
M- 04	24.95	12.40	412.51	163.75	0.40
Resistencia a compresión promedio fo_A (kg/cm²):					0.45
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.04
Coefficiente de variación (dispersión):					9.01%
Resistencia característica f'o_A (kg/cm²):					0.41

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.45 kg/cm², una desviación estándar de 0.04 y un coeficiente de variación (dispersión) de 9.01%.

Tabla 60

Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro con 1.0% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Área (S) (cm ²)	Carga máxima (Pmax) (kg)	Esfuerzo de adherencia Fo_A (kg/cm ²)
	Longitud (L)	Ancho (a)			
M- 01	25.20	12.30	413.28	252.65	0.61
M- 02	24.95	12.40	412.51	298.01	0.72
M- 03	25.05	12.60	420.84	256.28	0.61



M- 04	25.20	12.30	413.28	269.43	0.65
Resistencia a compresión promedio f_{o_A} (kg/cm²):					0.65
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.05
Coefficiente de variación (dispersión):					8.15%
Resistencia característica f'_{o_A} (kg/cm²):					0.60

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 1.0% en peso de fibra de retama, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.65 kg/cm², una desviación estándar de 0.05 y un coeficiente de variación (dispersión) de 8.15%.

Tabla 61

Resistencia promedio de prueba de adherencia de mortero por tipo.

Tipo de muestra	Esfuerzo de adherencia promedio f_{o_A} (kg/cm²):	Desviación estándar σ (kg/cm²):	Coefficiente de variación (dispersión)	Resistencia característica f'_{o_A} (kg/cm²)
Adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	0.44	0.10	0.23	0.34
Adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	0.38	0.07	17.63%	0.31
Adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	0.45	0.04	9.01%	0.41
Adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	0.65	0.05	8.15%	0.60

5.2.3. Resistencia del mortero a la tracción

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de resistencia de tracción del mortero:



Tabla 62

Ensayo de tracción de mortero de barro con 0.75% en peso de paja.

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción ft_mor (kg/cm ²)
	Longitud (a)	Ancho (b)		
M - 01	25.20	12.20	222.26	0.36
M - 02	25.55	12.95	219.08	0.33
M - 03	25.15	12.60	185.97	0.29
M - 04	25.25	12.40	162.39	0.26
Resistencia a tracción promedio ft_mor = (kg/cm²):				0.31
Desviación estandar σ = (kg/cm²):				0.04
Coefficiente de variación (dispersión):				14.34%
Resistencia característica ft_mor = (kg/cm²):				0.27

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción de mortero de barro con 0.75% en peso de paja, se obtuvo una resistencia a tracción de mortero promedio de 0.31 kg/cm², una desviación estándar de 0.04 y un coeficiente de variación (dispersión) de 14.34%.

Tabla 63

Ensayo de tracción de mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción ft_mor (kg/cm ²)
	Longitud (a)	Ancho (b)		
M - 01	25.05	12.30	115.21	0.19
M - 02	24.95	12.30	122.02	0.20
M - 03	24.75	12.55	106.59	0.17
M - 04	24.40	12.45	106.14	0.17
Resistencia a tracción promedio ft_mor = (kg/cm²):				0.18
Desviación estandar σ = (kg/cm²):				0.01
Coefficiente de variación (dispersión):				6.91%
Resistencia característica ft_mor = (kg/cm²):				0.17



Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de tracción de mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a tracción de mortero promedio de 0.18 kg/cm², una desviación estándar de 0.01 y un coeficiente de variación (dispersión) de 6.91%.

Tabla 64

Ensayo de tracción de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción ft_mor (kg/cm ²)
	Longitud (a)	Ancho (b)		
M - 01	25.50	12.45	151.05	0.24
M - 02	24.35	12.10	111.58	0.19
M - 03	24.40	12.20	172.82	0.29
M - 04	24.65	12.25	139.25	0.23
Resistencia a tracción promedio ft_mor = (kg/cm²):				0.24
Desviación estandar σ = (kg/cm²):				0.04
Coefficiente de variación (dispersión):				17.26%
Resistencia característica ft_mor = (kg/cm²):				0.20

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de tracción de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a tracción de mortero promedio de 0.24 kg/cm², una desviación estándar de 0.04 y un coeficiente de variación (dispersión) de 17.26%.

Tabla 65

Ensayo de tracción de mortero de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción ft_mor (kg/cm ²)
	Longitud (a)	Ancho (b)		
M - 01	24.30	12.50	188.69	0.31
M - 02	24.75	12.45	248.11	0.40



M - 03	24.80	12.30	192.78	0.32
M - 04	24.40	12.25	248.57	0.42
Resistencia a tracción promedio $f_{t_mor} = (kg/cm^2)$:				0.36
Desviación estandar $\sigma = (kg/cm^2)$:				0.06
Coefficiente de variación (dispersión):				15.47%
Resistencia característica $f_{t_mor} = (kg/cm^2)$:				0.30

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de tracción de mortero de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a tracción de mortero promedio de 0.36 kg/cm², una desviación estándar de 0.06 y un coeficiente de variación (dispersión) de 15.47%.

Tabla 66

Resistencia a tracción de mortero promedio por tipo.

Tipo de muestra	Resistencia a tracción promedio $f_{t_mor} (kg/cm^2)$	Desviación estandar $\sigma (kg/cm^2)$	Coefficiente de variación (dispersión)	Resistencia característica $f'_{t_mor} (kg/cm^2)$
Probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro con 0.75% en peso de paja	0.31	0.04	14.34%	0.27
Probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	0.18	0.01	6.91%	0.17
Probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	0.24	0.04	17.26%	0.20



Probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	0.36	0.06	15.47%	0.30
---	------	------	--------	------

5.3. MAMPOSTERÍA DE ADOBE

5.3.1. Resistencia de la mampostería de adobe a la compresión

5.3.1.1. Resistencia a compresión axial en pilas.

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de compresión axial en pilas:

Tabla 67

Ensayo de compresión axial de pilas de mampostería de adobe con 0.75% en peso de paja

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión axial fm (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M - 01	25.05	12.45	38.55	311.87	5038.05	16.15
M - 02	25.00	12.45	38.68	311.25	4691.05	15.07
M - 03	25.10	12.00	38.30	301.20	4751.38	15.77
M - 04	25.00	11.90	38.40	297.50	4928.28	16.57
Resistencia a Compresion Axial Promedio fm (kg/cm²):						15.89
Desviación estandar σ (kg/cm²):						0.63
Coefficiente de variación (dispersión):						4.00%
Resistencia característica V'm (kg/cm²):						15.26

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial de pilas de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja, se obtuvo una resistencia a compresión axial promedio de 15.89 kg/cm², una desviación estándar de 0.63 y un coeficiente de variación (dispersión) de 4.00%.



Tabla 68

Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión axial fm (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M - 01	24.30	12.10	38.73	294.03	9871.52	33.57
M - 02	24.10	12.00	38.58	289.20	9407.04	32.53
M - 03	24.40	12.00	38.48	292.80	8583.32	29.31
M - 04	23.90	11.80	38.48	282.02	8244.03	29.23
Resistencia a Compresion Axial Promedio fm (kg/cm²):						31.16
Desviación estandar σ (kg/cm²):						2.22
Coefficiente de variación (dispersión):						7.13%
Resistencia caracteristica $V'm$ (kg/cm²):						28.94

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.5% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión axial promedio de 31.16 kg/cm², una desviación estándar de 2.22 y un coeficiente de variación (dispersión) de 7.13%.

Tabla 69

Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión axial fm (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M - 01	24.10	12.00	38.43	289.20	9796.23	33.87
M - 02	24.30	11.90	38.40	289.17	9469.64	32.75
M - 03	24.40	12.10	38.35	295.24	9030.56	30.59
M - 04	24.30	12.00	38.30	291.60	9640.19	33.06
Resistencia a Compresion Axial Promedio fm (kg/cm²):						32.57
Desviación estandar σ (kg/cm²):						1.40



Coefficiente de variación (dispersión):	4.31%
Resistencia característica $V'm$ (kg/cm²):	31.17

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión axial promedio de 32.57 kg/cm², una desviación estándar de 1.40 y un coeficiente de variación (dispersión) de 4.31%.

Tabla 70

Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión axial fm (kg/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M - 01	24.20	12.00	38.28	290.40	7008.45	24.13
M - 02	24.80	12.00	38.33	297.60	7371.78	24.77
M - 03	24.60	12.10	38.53	297.66	7284.23	24.47
M - 04	24.50	12.10	38.35	296.45	7368.60	24.86
Resistencia a Compresion Axial Promedio fm (kg/cm²):						24.56
Desviación estandar σ (kg/cm²):						0.33
Coefficiente de variación (dispersión):						1.33%
Resistencia característica $V'm$ (kg/cm²):						24.23

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, se obtuvo una resistencia a compresión axial promedio de 24.56 kg/cm², una desviación estándar de 0.33 y un coeficiente de variación (dispersión) de 1.33%.



Tabla 71

Resistencia a compresión axial promedio de pilas de mampostería de adobe por tipo.

Tipo de muestra	Resistencia a compresión axial promedio f_m (kg/cm²)	Desviación estandar σ (kg/cm²):	Coefficiente de variación (dispersión)	Resistencia característica f'_m (kg/cm²):
Pilas con 0.75% en peso de paja	15.89	0.63	4.00%	15.26
Pilas con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	31.16	2.22	7.13%	28.94
Pilas con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	32.57	1.40	4.31%	31.17
Pilas con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	24.56	0.33	1.33%	24.23

5.3.1.2. Módulo de Elasticidad.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos del módulo de elasticidad de las pilas, a partir de los ensayos realizados y el procesamiento de datos mediante gráficas y cuadros:



Figura 52

Carga vs. Deformación de pilas de adobe con adición de 0.75% en peso de paja..

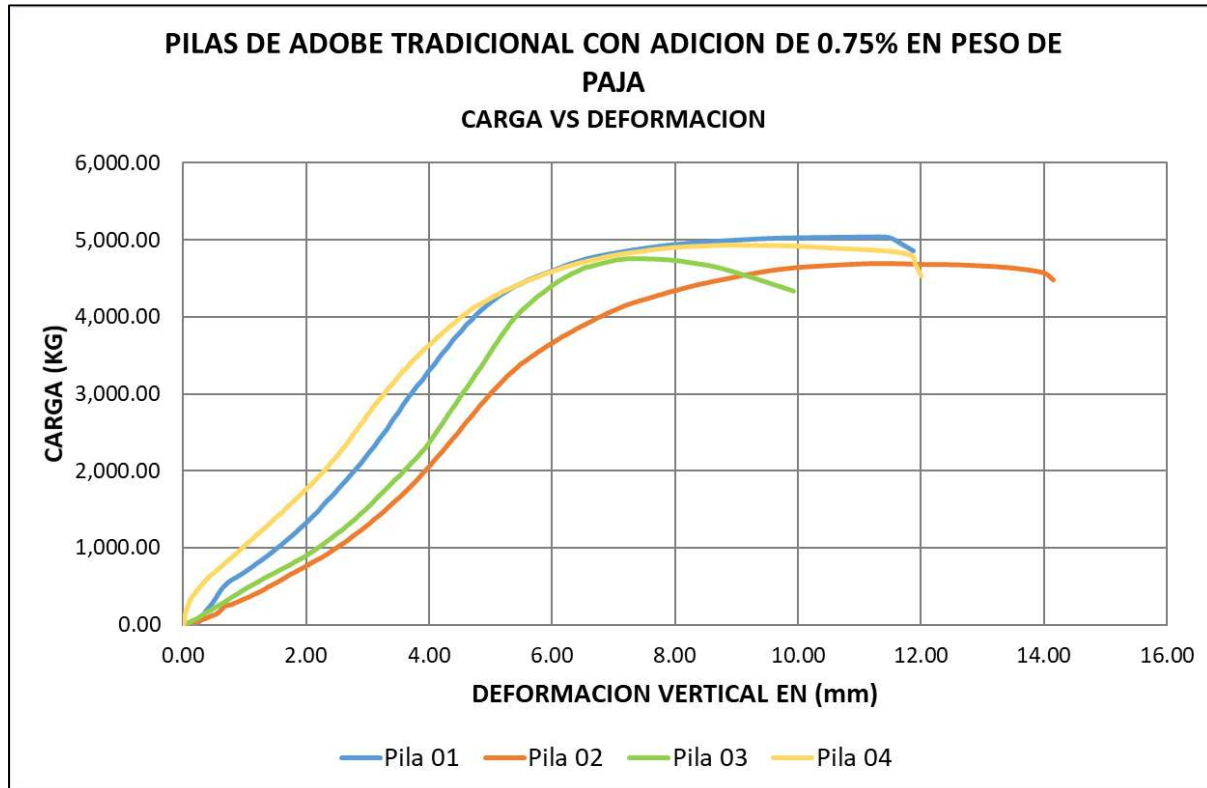


Tabla 72

Deformaciones unitarias verticales de pilas de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja

Especímen	D. Máximo (mm)	D(20%)	D(50%)
M - 01	11.20	1.55	3.29
M - 02	11.42	2.38	4.31
M - 03	7.44	2.10	4.01
M - 04	8.83	0.94	2.76



Tabla 73

Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja

Muestra	Carga máxima Pmax (Kg)	Área (cm ²)	P(20%)	P(50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (20%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 01	5038.05	311.87	1007.61	2519.02	1511.41	4.85	1.55	3.29	1.75	250.00	0.006984	693.94
M - 02	4691.05	311.25	938.21	2345.52	1407.31	4.52	2.38	4.31	1.93	248.00	0.007776	581.46
M - 03	4751.38	301.20	950.28	2375.69	1425.41	4.73	2.10	4.01	1.91	253.00	0.007539	627.77
M - 04	4928.28	297.50	985.66	2464.14	1478.48	4.97	0.94	2.76	1.82	246.00	0.007380	673.38
Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):												644.14
Desviación estandar σ (kg/cm²):												50.11
Coefficiente de variación (dispersión):												7.78%

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial de pilas de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra y se tomó la parte más lineal de esta, de donde se obtuvo el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 644.14 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 7.78%.

Figura 53

Carga vs. Deformación de pilas de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.

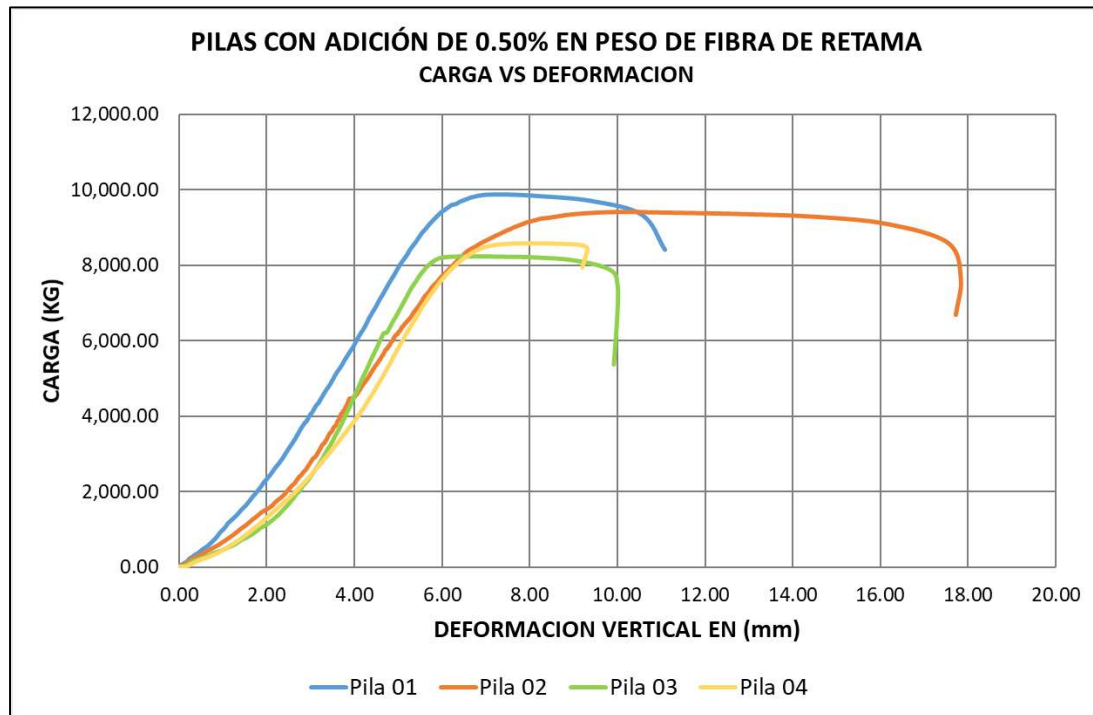


Tabla 74

Deformaciones unitarias verticales de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama

Especímen	D. Máximo (mm)	D(20%)	D(50%)
M - 1	7.28	1.77	3.50
M - 2	10.37	2.37	4.13
M - 3	6.59	2.48	3.84
M - 4	7.96	2.40	4.25



Tabla 75

Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama

Muestra	Carga máxima Pmax (Kg)	Área (cm ²)	P(20%)	P(50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (20%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 1	9871.52	294.03	1974.30	4935.76	2961.46	10.07	1.77	3.50	1.72832	260.00	0.006647	1515.18
M - 2	9407.04	289.20	1881.41	4703.52	2822.11	9.76	2.37	4.13	1.76004	251.00	0.007012	1391.64
M - 3	8244.03	282.02	1648.81	4122.02	2473.21	8.77	2.48	3.84	1.35516	248.00	0.005464	1604.88
M - 4	8583.32	292.80	1716.66	4291.66	2575.00	8.79	2.40	4.25	1.85111	251.00	0.007375	1192.47
Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):												1426.04
Desviación estandar σ (kg/cm²):												178.58
Coefficiente de variación (dispersión):												12.52%

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra y se tomó la parte más lineal de esta, de donde se obtuvo el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 1426.04 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 12.52%.

Figura 54

Carga vs. Deformación de pilas de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

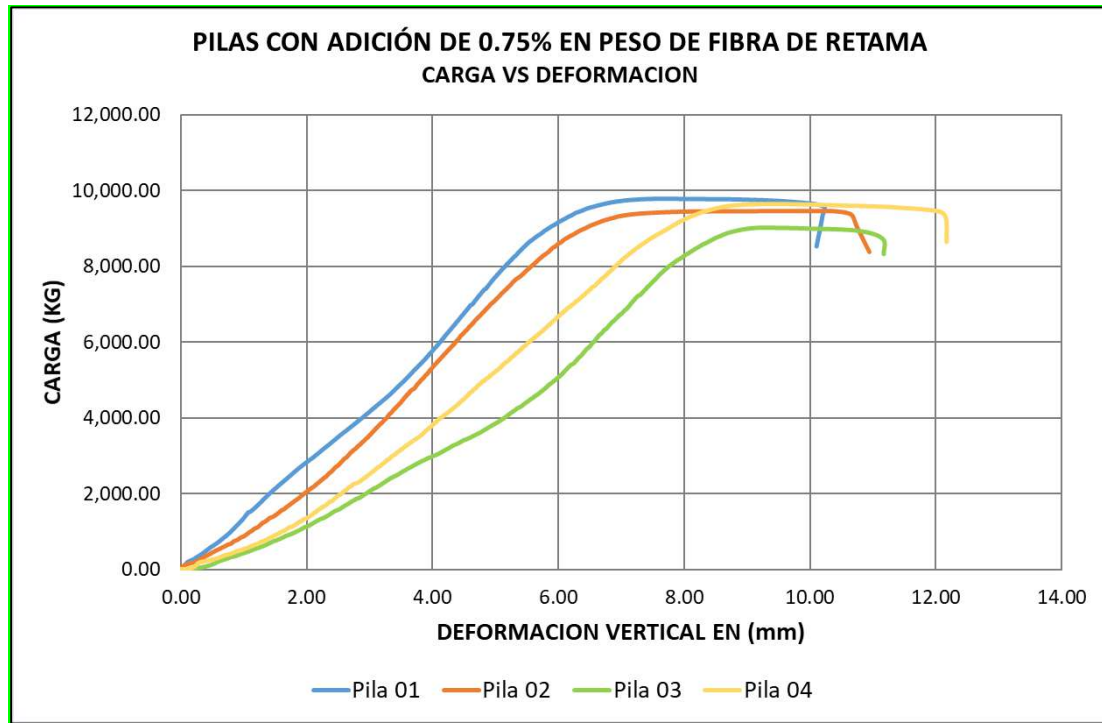


Tabla 76

Deformaciones unitarias verticales de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Especímen	D. Máximo (mm)	D(20%)	D(50%)
M - 1	7.71	1.39	3.50
M - 2	10.32	1.89	3.67
M - 3	9.24	2.73	5.58
M - 4	9.38	2.49	4.71



Tabla 77

Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama

Muestra	Carga máxima Pmax (Kg)	ÁREA (cm ²)	P(20%)	P(50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (20%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 1	9796.23	289.20	1959.25	4898.11	2938.87	10.16	1.39	3.50	2.11292	251.50	0.008401	1209.58
M - 2	9469.64	289.17	1893.93	4734.82	2840.89	9.82	1.89	3.67	1.77964	245.50	0.007249	1355.25
M - 3	9030.56	295.24	1806.11	4515.28	2709.17	9.18	2.73	5.58	2.84677	258.50	0.011013	833.24
M - 4	9640.19	291.60	1928.04	4820.10	2892.06	9.92	2.49	4.71	2.22156	250.00	0.008886	1116.09
Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):												1128.54
Desviación estandar σ (kg/cm²):												220.09
Coefficiente de variación (dispersión):												19.50%

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra y se tomó la parte más lineal de esta, de donde se obtuvo el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 1128.54 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 19.50%.

Figura 55

Carga vs. Deformación de pilas de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

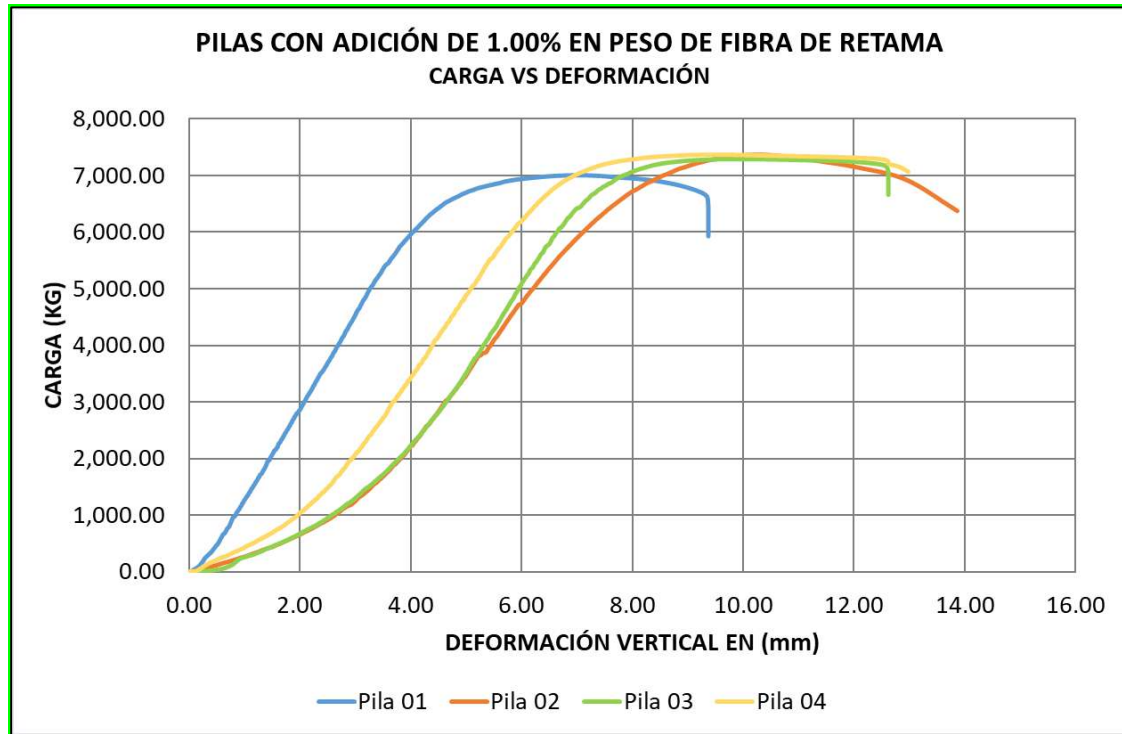


Tabla 78

Deformaciones unitarias verticales de pilas de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

Especímen	D. Máximo (mm)	D(20%)	D(50%)
M - 1	7.15	1.09	2.38
M - 2	10.35	3.27	5.14
M - 3	10.01	3.18	5.08
M - 4	9.36	2.50	4.19



Tabla 79

Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

Muestra	Carga máxima Pmax (Kg)	ÁREA (cm ²)	P(20%)	P(50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (20%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Modulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 1	7008.45	290.40	1401.69	3504.22	2102.53	7.24	1.09	2.38	1.28171	245.00	0.005231	1383.96
M - 2	7371.78	297.60	1474.36	3685.89	2211.53	7.43	3.27	5.14	1.87195	247.00	0.007579	980.53
M - 3	7284.23	297.66	1456.85	3642.12	2185.27	7.34	3.18	5.08	1.90356	254.00	0.007494	979.61
M - 4	7368.60	296.45	1473.72	3684.30	2210.58	7.46	2.50	4.19	1.69746	249.50	0.006803	1096.04
Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):												1110.03
Desviación estandar σ (kg/cm²):												190.62
Coefficiente de variación (dispersión):												17.17%

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial de pilas de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra y se tomó la parte más lineal de esta, de donde se obtuvo el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 1110.03 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 17.17%.

Tabla 80

Módulo de elasticidad promedio de pilas de mampostería de adobe por tipo.

Tipo de muestra	Módulo de elasticidad promedio Em (kg/cm ²)	Desviación estandar σ (kg/cm ²):	Coefficiente de variación (dispersión)
Pilas de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	644.14	50.11	7.78%
Pilas de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	1426.04	178.58	12.52%



Pilas de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	1128.54	220.09	19.50%
Pilas de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	1110.03	190.62	17.17%

5.3.1.3. Forma de falla en pilas.

a. Falla por tracción

Se debe a la expansión lateral (efecto de Poisson), causada por la compresión. Una grieta vertical en la cara de menor dimensión que corta unidades y mortero, es la falla ideal de las pilas de albañilería (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

b. Falla por trituración

Este tipo de fallas son indeseables por ser frágiles y explosivas, esta falla se presenta por lo general en unidades huecas. Por lo general las fallas en las pilas aparecen en forma brusca, dado que se trata de materiales frágiles no reforzados (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

c. Falla por aplastamiento local

Se da en unidades de baja resistencia, por ejemplo ladrillos King Kong artesanal (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

d. Falla por aplastamiento por pandeo

Se da en una zona localizada de la pila, ocurre cuando existen efectos distintos a los de compresión pura, particularmente cuando aparecen componentes de flexión (pandeo). Esta se da por imperfecciones en la construcción reflejada en la configuración geométrica, por la falta de paralelismo entre las caras de asiento o por la falta de alineamiento entre el eje de la carga y el eje longitudinal de la pila (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

Figura 56

Falla de tipo tracción en pila de adobe con 0.75% en peso de paja muestra (M-4).



Figura 57

Falla de tipo tracción y trituración en pila de adobe con 0.50% en peso de paja muestra (M-6).



Figura 58

Falla de tipo tracción y trituración en pila de adobe con 0.75% en peso de paja muestra (M-5).



Figura 59

Falla de tipo trituración en pila de adobe con 1.00% en peso de paja muestra (M-5).





5.3.2. Resistencia de la mampostería de adobe a tracción indirecta

5.3.2.1. Resistencia a compresión diagonal en muretes.

Se muestran los resultados obtenidos de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) de los ensayos de compresión diagonal en muretes:

Tabla 81

Ensayo de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.

Muestra	Dimensiones (cm)			Area (2aem) (cm ²)	Carga máxima (P) (kg)	Esfuerzo cortante Vm (kg/cm ²)
	Altura (cm)	Longitud (cm)	Espesor (cm)			
M - 1	51.23	52.40	12.05	1248.68	1130.26	0.91
M - 2	51.55	52.07	12.15	1258.94	1138.83	0.90
M - 3	51.35	52.17	12.10	1252.55	1217.47	0.97
M - 4	51.18	52.33	12.35	1278.33	951.76	0.74
Esfuerzo cortante promedio Vm (kg/cm²):						0.88
Desviación estandar σ (kg/cm²):						0.10
Coefficiente de variación (dispersión):						10.99%
Esfuerzo cortante característica V'm (kg/cm²):						0.78

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 0.88 kg/cm², una desviación estándar de 0.10 y un coeficiente de variación (dispersión) de 10.99%.



Tabla 82

Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Area (2aem) (cm ²)	Carga máxima (P) (kg)	Esfuerzo cortante Vm (kg/cm ²)
	Altura (cm)	Longitud (cm)	Espesor (cm)			
M - 1	50.20	50.80	11.95	1206.95	1229.20	1.02
M - 2	50.33	50.63	12.00	1211.50	943.30	0.78
M - 3	50.13	50.67	12.00	1209.50	1242.97	1.03
M - 4	50.43	50.73	12.05	1218.96	1267.35	1.04
Esfuerzo cortante promedio Vm (kg/cm²):						0.97
Desviación estandar σ (kg/cm²):						0.13
Coefficiente de variación (dispersión):						12.92%
Esfuerzo cortante característica V'm (kg/cm²):						0.84

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 0.97 kg/cm², una desviación estándar de 0.13 y un coeficiente de variación (dispersión) de 12.92%.

Tabla 83

Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Area (2aem) (cm ²)	Carga máxima (P) (kg)	Esfuerzo cortante Vm (kg/cm ²)
	Altura (cm)	Longitud (cm)	Espesor (cm)			
M - 01	50.18	50.70	12.10	1220.59	1383.83	1.13
M - 02	50.43	50.70	12.15	1228.67	1329.16	1.08
M - 03	50.10	50.67	12.00	1209.20	1383.94	1.14
M - 04	50.60	50.83	11.95	1212.13	1040.20	0.86



Esfuerzo cortante promedio V_m (kg/cm²):	1.05
Desviación estandar σ (kg/cm²):	0.13
Coefficiente de variación (dispersión):	12.74%
Esfuerzo cortante característica V'_m (kg/cm²):	0.92

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 1.05 kg/cm², una desviación estándar de 0.13 y un coeficiente de variación (dispersión) de 12.74%.

Tabla 84

Ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

Muestra	Dimensiones (cm)			Area (2aem) (cm ²)	Carga máxima (P) (kg)	Esfuerzo cortante V_m (kg/cm ²)
	Altura (cm)	Longitud (cm)	Espesor (cm)			
M - 01	50.13	50.67	12.15	1224.62	1173.82	0.96
M - 02	50.25	50.50	11.95	1203.96	1659.54	1.38
M - 03	49.98	50.77	11.95	1203.86	1679.74	1.40
M - 04	49.88	50.80	12.05	1213.13	1277.86	1.05
Esfuerzo cortante promedio V_m (kg/cm²):						1.20
Desviación estandar σ (kg/cm²):						0.22
Coefficiente de variación (dispersión):						18.62%
Esfuerzo cortante característica V'_m (kg/cm²):						0.98

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 1.20 kg/cm², una desviación estándar de 0.22 y un coeficiente de variación (dispersión) de 18.62%.



Tabla 85

Esfuerzo cortante promedio en muretes de mampostería de adobe por tipo.

Tipo de muestra	Esfuerzo cortante promedio V_m (kg/cm²)	Desviación estandar σ (kg/cm²):	Coefficiente de variación (dispersión)	Resistencia característica V'_m (kg/cm²):
Muretes de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	0.88	0.10	10.99%	0.78
Muretes de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	0.97	0.13	12.92%	0.84
Muretes de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	1.05	0.13	12.74%	0.92
Muretes de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	1.20	0.22	18.62%	0.98

5.3.2.2. Módulo de corte.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos del módulo de corte de los muretes, a partir de los ensayos realizados y el procesamiento de datos mediante gráficas y cuadros:

Figura 60

Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe con 0.75% en peso de paja.

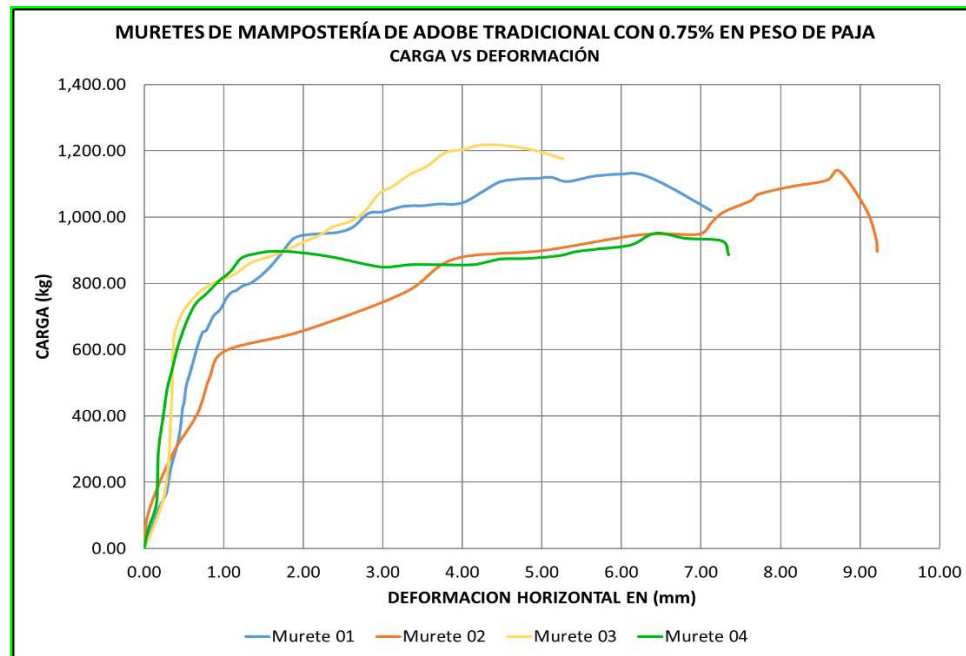


Figura 61

Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe con 0.75% en peso de paja.

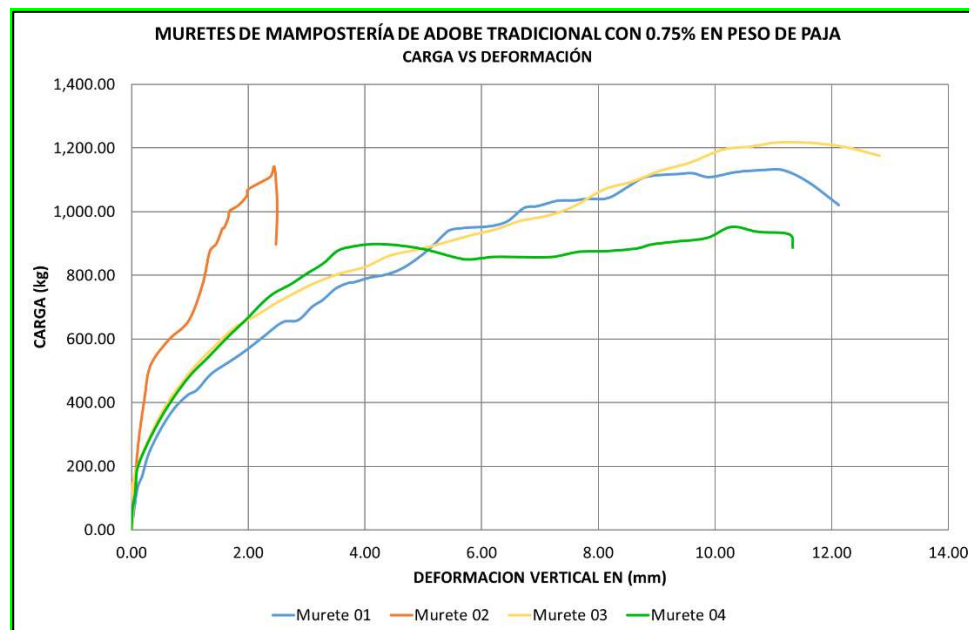




Tabla 86

Deformaciones unitarias de muretes de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.

Deformación Unitaria - Vertical (mm)				Deformación Unitaria - Horizontal (mm)			
Especimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)	Especimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)
M - 01	10.82	0.18	1.18	M - 01	5.97	0.28	0.51
M - 02	2.45	0.07	0.27	M - 02	8.75	0.15	0.74
M - 03	11.10	0.08	0.97	M - 03	4.25	0.26	0.35
M - 04	10.28	0.08	0.60	M - 04	6.78	0.15	0.23

Tabla 87

Módulo de corte en muretes de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.

ESP.	Carga (Kg)	Área (cm ²)	P (15%)	P (40%)	ΔP (hg)	Vm (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(Y)	Gm (Kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ε1 (mm/mm)	ΔD (mm)	Lh (mm)	ε2 (mm/mm)		
M - 01	1130.26	1248.68	169.54	452.10	282.57	0.2263	1.00	287	0.003475	0.23	289	0.000783	0.0043	53.15
M - 02	1138.83	1258.94	170.82	455.53	284.71	0.2261	0.20	288	0.000686	0.59	291	0.002021	0.0027	83.56
M - 03	1217.47	1252.55	182.62	486.99	304.37	0.243	0.88	289	0.003061	0.09	287	0.000308	0.0034	72.12
M - 04	951.76	1278.33	142.76	380.70	237.94	0.1861	0.52	297	0.001752	0.07	302	0.000247	0.002	93.13
													Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):	75.49
													Desviación estandar σ (kg/cm²):	17.19
													Coefficiente de variación (dispersión):	22.77%

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de mampostería de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra y se tomó la parte más lineal de esta, de donde se obtuvo el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de corte, cuyo valor promedio es de 75.49 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 22.77%.

Figura 62

Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe con 0.50% en peso de fibra de retama.

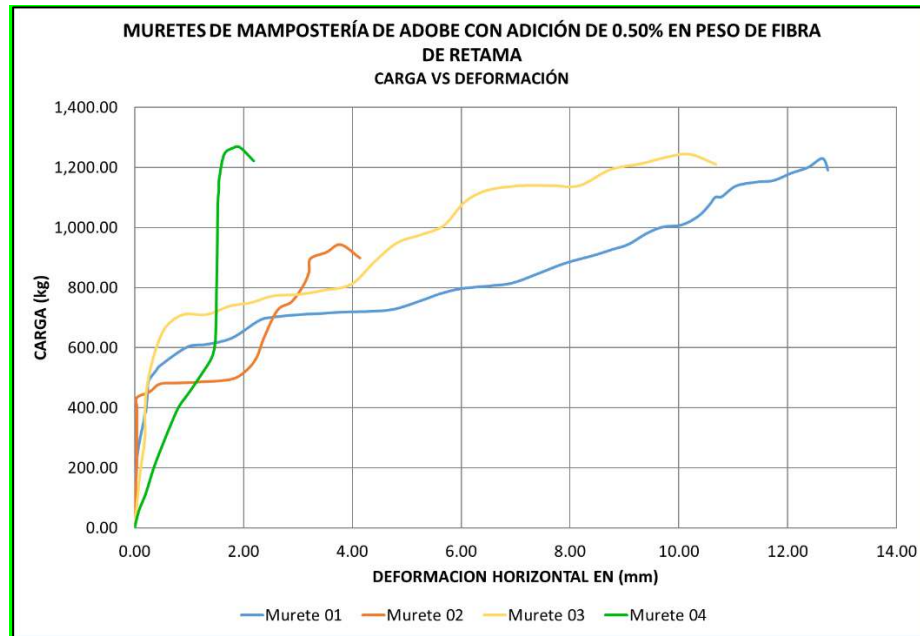


Figura 63

Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe con 0.50% en peso de fibra de retama.

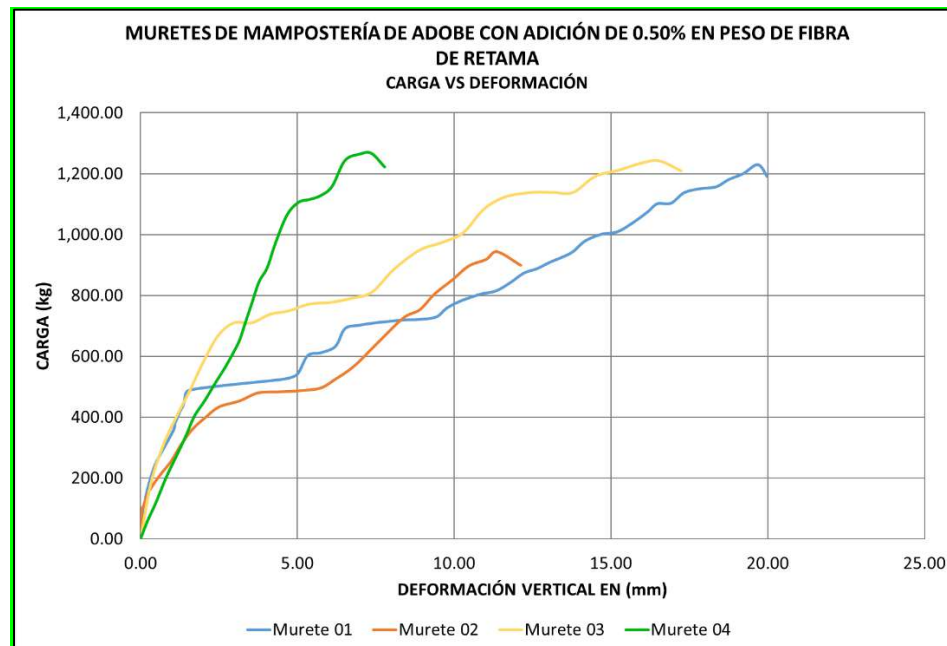




Tabla 88

Deformaciones unitarias de muretes de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.

Deformación Unitaria - Vertical (mm)				Deformación Unitaria - Horizontal (mm)			
Espécimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)	Espécimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)
M - 01	23.13	0.28	1.843	M - 01	22.07	0.02	0.27
M - 02	11.37	0.22	1.838	M - 02	3.78	0.02	0.04
M - 03	16.54	0.34	1.61	M - 03	10.21	0.10	0.26
M - 04	7.37	0.77	2.35	M - 04	1.94	0.34	1.21

Tabla 89

Módulo de corte en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.

ESP.	Carga (Kg)	Área (cm ²)	P (15%)	P (40%)	ΔP (hg)	Vm (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(Y)	Gm (Kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ε1 (mm/mm)	ΔD (mm)	Lh (mm)	ε2 (mm/mm)		
M - 01	1229.20	1206.95	184.38	491.68	307.30	0.2546	1.56	283	0.005508	0.25	286	0.000863	0.0064	39.96
M - 02	943.30	1211.50	141.49	377.32	235.82	0.1947	1.62	288	0.005633	0.02	292	0.000061	0.0057	34.19
M - 03	1242.97	1209.50	186.45	497.19	310.74	0.2569	1.27	285	0.004457	0.15	291.5	0.000526	0.005	51.56
M - 04	1267.35	1218.96	190.10	506.94	316.84	0.2599	1.59	286	0.005544	0.88	289	0.003034	0.0086	30.30
Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):													39.00	
Desviación estandar σ (kg/cm²):													9.27	
Coefficiente de variación (dispersión):													23.76%	

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de mampostería de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra y se tomó la parte más lineal de esta, de donde se obtuvo el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de corte, cuyo valor promedio es de 39.00 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 23.76%.

Figura 64

Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe con 0.75% en peso de fibra de retama

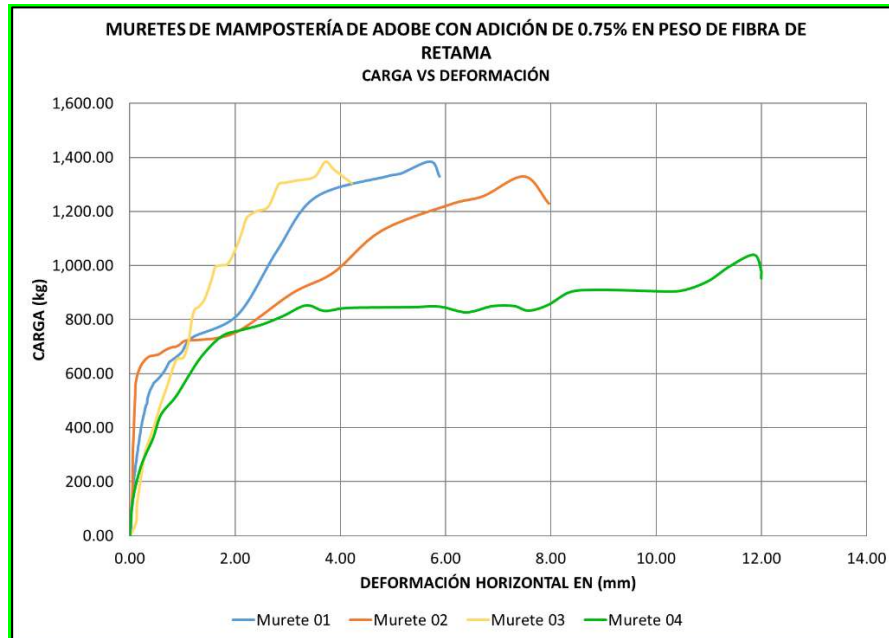


Figura 65

Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe con 0.75% en peso de fibra de retama.

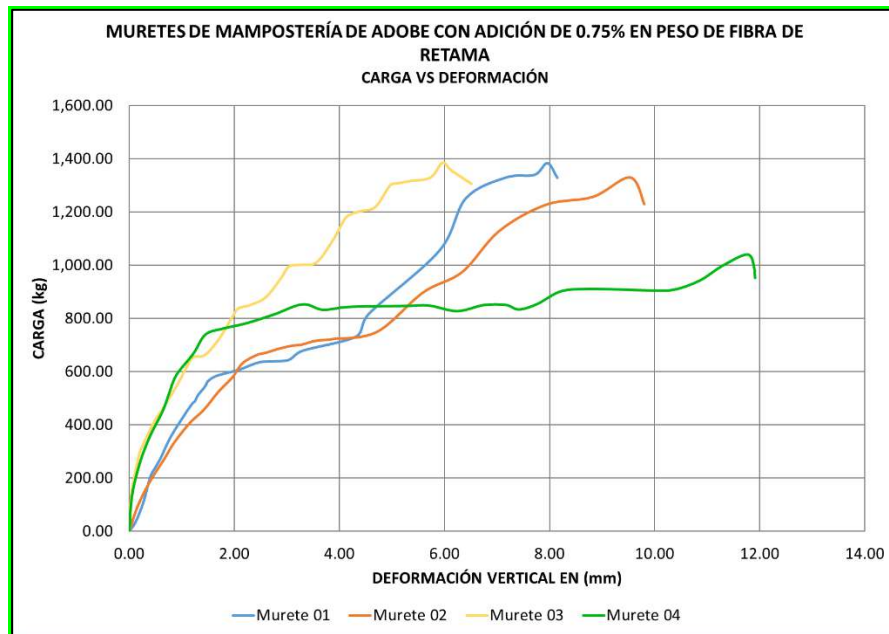




Tabla 90

Deformaciones unitarias de muretes de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Deformación Unitaria - Vertical (mm)				Deformación Unitaria - Horizontal (mm)			
Espécimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)	Espécimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)
M - 01	1.52	0.41	1.46	M - 01	0.52	0.08	0.43
M - 02	1.76	0.43	1.73	M - 02	0.96	0.05	0.10
M - 03	5.96	0.10	0.92	M - 03	3.71	0.20	0.71
M - 04	11.77	0.08	0.54	M - 04	11.86	0.08	0.54

Tabla 91

Módulo de corte en muretes de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

ESP.	Carga (Kg)	Área (cm ²)	P (15%)	P (40%)	ΔP (hg)	Vm (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(Y)	Gm (Kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ε1 (mm/mm)	ΔD (mm)	Lh (mm)	ε2 (mm/mm)		
M - 01	1383.83	1220.59	207.58	553.53	345.96	0.2834	1.05	283	0.003720	0.35	292	0.001208	0.0049	57.51
M - 02	1329.16	1228.67	199.37	531.66	332.29	0.2704	1.30	282.5	0.004602	0.05	283	0.000185	0.0048	56.50
M - 03	1383.94	1209.20	207.59	553.57	345.98	0.2861	0.83	279	0.002961	0.50	287.5	0.001748	0.0047	60.77
M - 04	1040.20	1212.13	156.03	416.08	260.05	0.2145	0.47	284	0.001645	0.45	285	0.001581	0.0032	66.49
Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):													60.32	
Desviación estandar σ (kg/cm²):													4.50	
Coefficiente de variación (dispersión):													7.46%	

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de mampostería de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra y se tomó la parte más lineal de esta, de donde se obtuvo el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de corte, cuyo valor promedio es de 60.32 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 7.46%.

Figura 66

Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe con 1.00% en peso de fibra de retama.

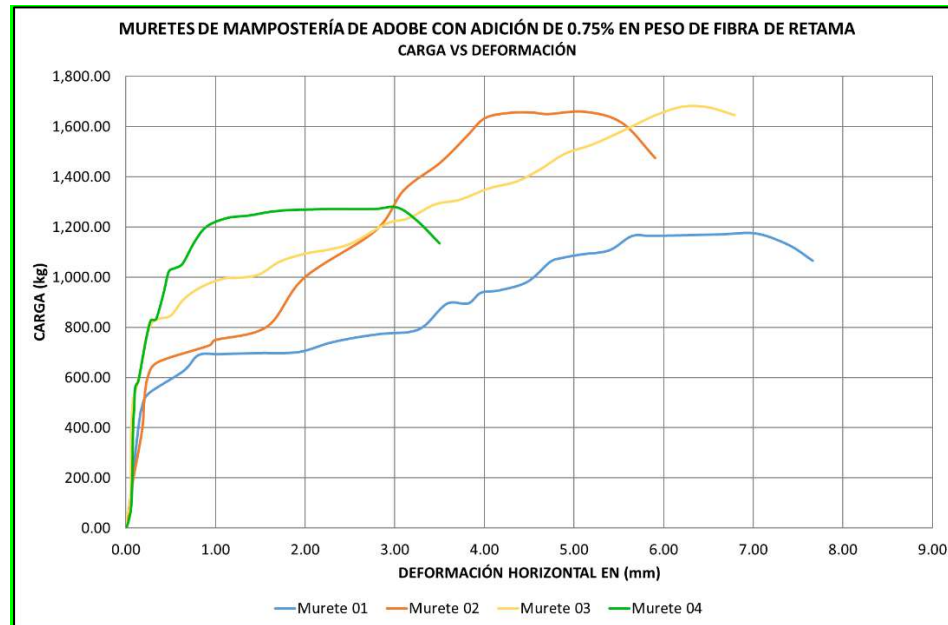


Figura 67

Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe con 1.00% en peso de fibra de retama.

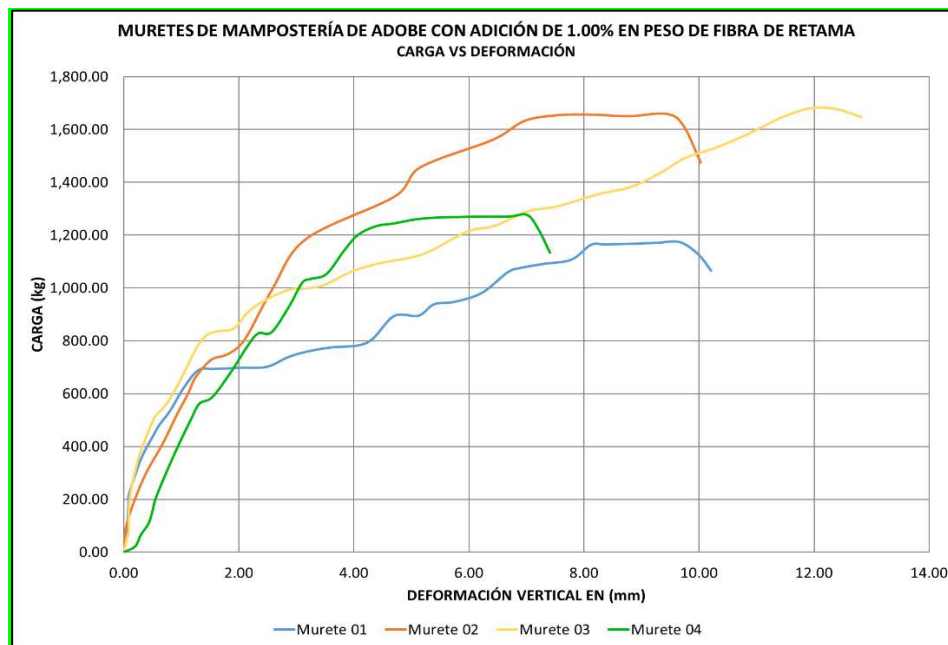




Tabla 92

Deformaciones unitarias de muretes de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

Deformación Unitaria - Vertical (mm)				Deformación Unitaria - Horizontal (mm)			
Espécimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)	Espécimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)
M - 01	9.67	0.08	0.59	M - 01	7.03	0.07	0.17
M - 02	3.43	0.29	1.26	M - 02	2.13	0.11	0.37
M - 03	11.93	0.15	1.03	M - 03	6.21	0.06	0.19
M - 04	7.01	0.54	1.19	M - 04	3.29	0.07	0.09

Tabla 93

Módulo de corte en muretes de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

ESP.	Carga (Kg)	Área (cm ²)	P (15%)	P (40%)	ΔP (hg)	Vm (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(Y)	Gm (Kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ξ1 (mm/mm)	ΔD (mm)	Lh (mm)	ξ2 (mm/mm)		
M - 01	1173.82	1224.62	176.07	469.53	293.45	0.2396	0.51	282	0.001792	0.10	286.5	0.000341	0.0021	112.35
M - 02	1659.54	1203.96	248.93	663.82	414.89	0.3446	0.96	284	0.003398	0.26	290	0.000906	0.0043	80.08
M - 03	1679.74	1203.86	251.96	671.89	419.93	0.3488	0.89	287.5	0.003085	0.13	293	0.000438	0.0035	98.99
M - 04	1277.86	1213.13	191.68	511.14	319.46	0.2633	0.65	288	0.002254	0.03	291	0.000088	0.0023	112.42
Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):													100.96	
Desviación estandar σ (kg/cm²):													15.28	
Coefficiente de variación (dispersión):													15.14%	

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de mampostería de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra y se tomó la parte más lineal de esta, de donde se



obtuvo el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de corte, cuyo valor promedio es de 100.96 kg/cm^2 y un coeficiente de variación (dispersión) de 15.14%.

Tabla 94

Módulo de corte promedio de muretes de mampostería de adobe por tipo.

Tipo de muestra	Módulo de corte promedio G_m (kg/cm^2)	Desviación estandar σ (kg/cm^2):	Coefficiente de variación (dispersión)
Muretes de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja	75.49	17.19	22.77%
Muretes de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	39.00	9.27	23.76%
Muretes de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	60.32	4.50	7.46%
Muretes de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	100.96	15.28	15.14%

5.3.2.3. Forma de falla en muretes.

a. Falla por adherencia

Corresponde a aquella falla en que el agrietamiento se inicia y propaga por las juntas y se genera cuando la resistencia de las unidades es mayor en relación con la resistencia de adherencia del mortero con las unidades, por lo que el agrietamiento ocurre en la junta. En este tipo de falla se presenta deslizamiento de una sección del muro sobre la otra y en ocasiones, despega algunas piezas con parte de mortero (Paéz, Parra, & Montaña, 2009).

b. Falla combinada

Esta falla se presenta normalmente cuando la resistencia a la tensión de las unidades es menor en relación con la resistencia de adherencia del mortero a las unidades. Se caracteriza

porque los muros presentan agrietamiento y ruptura de algunas de sus unidades, al igual que del mortero. Aun cuando este tipo de falla involucra piezas y mortero, no presenta una trayectoria afín a la diagonal cargada del muro (Paéz, Parra, & Montaña, 2009).

c. Falla semi-diagonal

Esta falla se observa cuando el esfuerzo resistente a la tensión de las unidades es similar a la adherencia entre unidades y mortero; se da un modo de falla mixto, en que el agrietamiento diagonal se da tanto en las unidades como en las juntas (Paéz, Parra, & Montaña, 2009).

Figura 68

Muretes con 0.75% de paja, falla por adherencia y combinada en muestra M – 04 y falla combinada y semi – diagonal en muestra M -06.



Figura 69

Muretes con 0.50% de fibra de retama, falla por adherencia y combinada en muestra M – 01 y M - 06



Figura 70

Muretes con 0.75% de fibra de retama, falla por adherencia y combinada en muestra M – 05 y M - 06

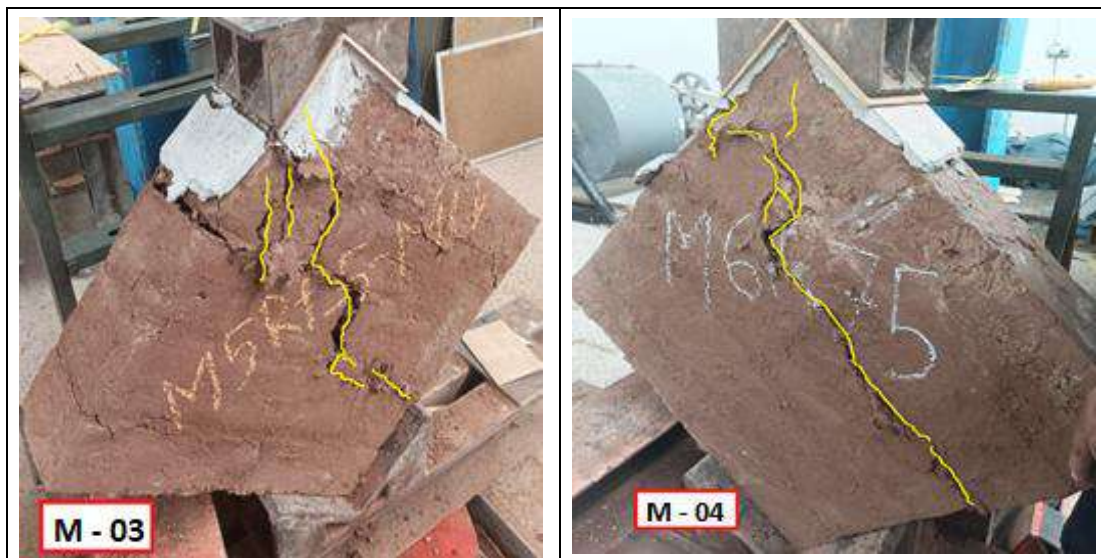
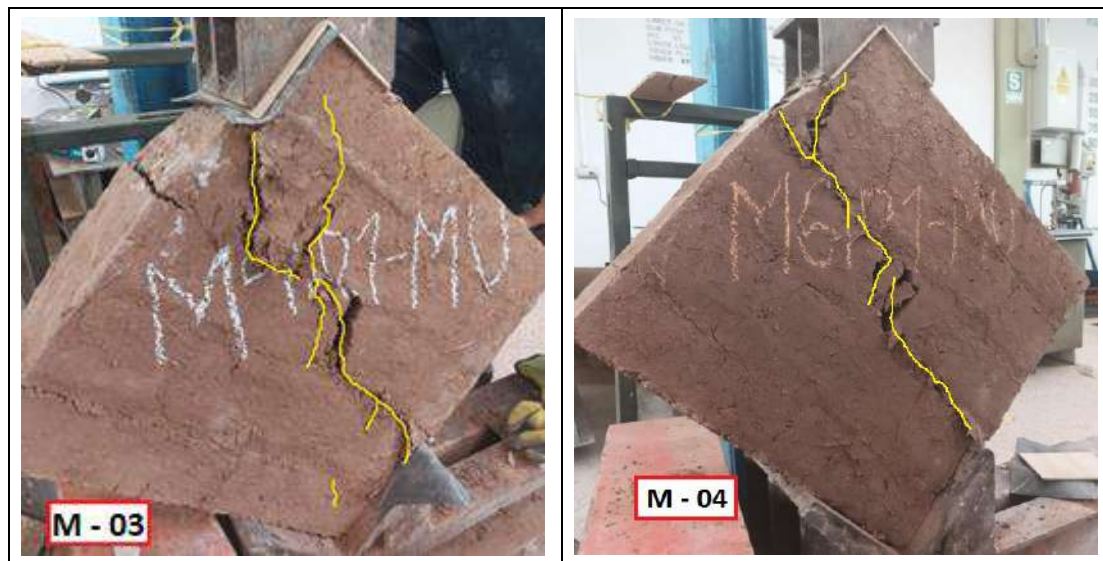


Figura 71

Muretes con 0.75% de paja, falla por combinada y semi - diagonal en muestra M – 03 y falla combinada en muestra M -04.



5.4. COSTO Y BENEFICIO DEL ADOBE CON ADICIÓN DE FIBRA DE RETAMA Y ADOBE TRADICIONAL CON ADICIÓN DE PAJA

Para la elaboración de unidades de adobe con adición de 0.5%, 0.75% y 1% en peso de fibra de retama y unidades de adobe tradicional con adición de paja, se muestran los costos de inversión de mano de obra, materiales y equipos. A continuación, se muestra el análisis de costos unitarios.



A. Unidades de adobe tradicional con paja

A.1. Aporte unitario de materiales para la elaboración de unidades de adobe tradicional con paja

Tabla 95

Dimensiones de la unidad de adobe

Dimensiones del adobe		
Longitud	0.40	m
Ancho	0.20	m
Altura	0.10	m
Volumen	0.008	m ³

Tabla 96

Dosificaciones de los componentes por unidad de adobe

Material	Dosificación en peso seco	Dosificación en volumen	Unidad
Tierra	20.25	0.008	m ³
Paja	0.151		kg
Agua	4.05	0.004	m ³

A.2. Análisis de costo unitario para la elaboración de unidades de adobe tradicional con paja.

Tabla 97

A.C.U para elaboración de unidades de adobe con paja.

Presupuesto	0102038	Análisis de costo unitario de la unidad de adobe				
Subpresupuesto	001	Costo de la elaboración del adobe, reemplazando paja por fibra de retama			Fecha presupuesto	09/01/2024
Partida	01.01	Adobe tradicional con paja de 0.40 x 0.20 x 0.10 m				
Rendimiento	und/DIA	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por : und	0.77



Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	Operario	hh	0.3000	0.0160	11.25	0.18
0101010005	Peon	hh	1.0000	0.0533	8.25	0.44
						0.62
Materiales						
0204010004	Paja	kg		0.1520	0.10	0.02
02070500010007	Tierra preparada	m3		0.0080	5.00	0.04
0207070001	Agua puesta en obra	m3		0.0040	3.00	0.01
						0.07
Equipos						
0301010006	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.62	0.02
0301060009	Adobra de madera de 0.40 x 0.20 x 0.10 m según diseño	und		1.0000	0.06	0.06
						0.08
Costo unitario directo por unidad de adobe con paja (S/.)						0.77

B. Unidades de adobe con adición de fibra de Retama.

B.1. Obtención del costo de fibra de retama por kilogramo

Se obtuvo un total de 31.85 kg de fibra de retama, para el cual se consideraron las siguientes partidas:

Tabla 98

A.C.U de la obtención del costo de fibra de retama.

Presupuesto	0102038	Análisis de costo unitario de la unidad de adobe					
Subpresupuesto	001	Costo de la obtención de la fibra de retama				Fecha presupuesto	09/01/2024
Partida	02.01	Cocción e inmersión en agua fría de la retama					
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : glb	43.99	

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	Peón	hh	0.5000	4.0000	8.25	33.00
						33.00
Materiales						
0207050005	Leña seca	quintal		0.5000	20.00	10.00
						10.00



Equipos						
0301010006	Herramientas manuales	%mo		3.0000	33.00	0.99
Partida	02.02	Extracción de tallos y ramas de retama				
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : glb	17.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	Peón	hh	0.2500	2.0000	8.25	16.50
						16.50
Equipos						
0301010006	Herramientas manuales	%mo		3.0000	16.50	0.50
Partida	02.03	Extracción de la fibra de retama				
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : glb	38.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	Peón	hh	0.5000	4.0000	8.25	33.00
						33.00
Equipos						
03010600020006	Regla metálica endentada	und		1.0000	5.00	5.00
						5.00
Costo unitario directo para la obtención de 31.85 Kg de fibra de retama (S/.)						98.99
Costo unitario directo de la fibra de retama por Kg (S/.)						3.11

Se obtiene que el precio por Kg de fibra de retama es S/. 3.11 nuevos soles.

B.2. Aporte unitario de materiales para la elaboración de unidades de adobe con adición de 0.50%, 0.75% y 1.0% en peso seco de fibra de retama

Tabla 99

Dimensiones de la unidad de adobe.

Dimensiones del adobe		
Longitud	0.40	m
Ancho	0.20	m
Altura	0.10	m
Volumen	0.008	m ³



Tabla 100

Dosificación de los componentes por unidad de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.

Material	Dosificación en peso seco	Dosificación en volumen	Unidad
Tierra	20.25	0.008	m ³
Fibra de retama	0.101		kg
Agua	4.05	0.004	m ³

Tabla 101

Dosificación de los componentes por unidad de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Material	Dosificación en peso seco	Dosificación en volumen	Unidad
Tierra	20.25	0.008	m ³
Fibra de retama	0.151		kg
Agua	4.05	0.004	m ³

Tabla 102

Dosificación de los componentes por unidad de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.

Material	Dosificación en peso seco	Dosificación en volumen	Unidad
Tierra	20.25	0.008	m ³
Fibra de retama	0.202		kg
Agua	4.05	0.004	m ³



B.3. Análisis de costo unitario para la elaboración de unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama

Tabla 103

A.C.U para la elaboración de unidades con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.

Presupuesto	0102038	Análisis de costo unitario de la unidad de adobe				Fecha	09/01/2024
Subpresupuesto	001	Costo de la elaboración del adobe, reemplazando paja por fibra de retama				presupuesto	
Partida	02.04	Adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, 0.40 x 0.20 x 0.10 m					
Rendimiento	und/DIA	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por :	1.06	und

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	Operario	hh	0.3000	0.0160	11.25	0.18
0101010005	Peón	hh	1.0000	0.0533	8.25	0.44
						0.62
Materiales						
0204010005	Fibra de retama	kg		0.1010	3.11	0.31
02070500010007	Tierra preparada	m3		0.0080	5.00	0.04
0207070001	Agua puesta en obra	m3		0.0040	3.00	0.01
						0.36
Equipos						
0301010006	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.62	0.02
0301060009	Adobera de madera de 0.40 x 0.20 x 0.10 m según diseño	und		1.0000	0.06	0.06
						0.08
Costo unitario directo por unidad de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (S/.)						1.06

B.4. Análisis de costo unitario para la elaboración de unidades de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama

Tabla 104

A.C.U para la elaboración de unidades con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.

Presupuesto	0102038	Análisis de costo unitario de la unidad de adobe				Fecha	09/01/2024
Subpresupuesto	001	Costo de la elaboración del adobe, reemplazando paja por fibra de retama				presupuesto	
Partida	02.05	Adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama, 0.40 x 0.20 x 0.10 m					



Rendimiento	und/DIA	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por : und	1.22	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010003	Operario		hh	0.3000	0.0160	11.25	0.18
0101010005	Peón		hh	1.0000	0.0533	8.25	0.44
0.62							
Materiales							
0204010005	Fibra de retama		kg		0.1510	3.11	0.47
02070500010007	Tierra preparada		m3		0.0080	5.00	0.04
0207070001	Agua puesta en obra		m3		0.0040	3.00	0.01
0.52							
Equipos							
0301010006	Herramientas manuales		%mo		3.0000	0.62	0.02
0301060009	Adobera de madera de 0.40 x 0.20 x 0.10 m según diseño		und		1.0000	0.06	0.06
0.08							
Costo unitario directo por unidad de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama (S/.)							1.22

**B.5. Análisis de costo unitario para la elaboración de unidades de adobe con adición de
1.00% en peso de fibra de retama**

Tabla 105

A.C.U para la elaboración de unidades con adición de 1.000% en peso de fibra de retama.

Presupuesto	0102038	Análisis de costo unitario de la unidad de adobe			Fecha presupuesto	09/01/2024	
Subpresupuesto	001	Costo de la elaboración del adobe, reemplazando paja por fibra de retama					
Partida	02.06	Adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, 0.40 x 0.20 x 0.10 m					
Rendimiento	und/DIA	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por : und	1.38	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010003	Operario		hh	0.3000	0.0160	11.25	0.18
0101010005	Peón		hh	1.0000	0.0533	8.25	0.44
0.62							
Materiales							
0204010005	Fibra de retama		kg		0.2020	3.11	0.63
02070500010007	Tierra preparada		m3		0.0080	5.00	0.04



0207070001	Agua puesta en obra	m ³	0.0040	3.00	0.01
					0.68
		Equipos			
0301010006	Herramientas manuales	%mo	3.0000	0.62	0.02
0301060009	Adobera de madera de 0.40 x 0.20 x 0.10 m según diseño	und	1.0000	0.06	0.06
					0.08
Costo unitario directo por unidad de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama (S/.)					1.38

Del análisis de costos, se obtiene el costo por und de la elaboración de adobes, indicado líneas abajo.

Tabla 106

Costo por und de la elaboración de adobes.

Tipo de adobe	Costo directo por und
Adobe tradicional con adición de paja	S/0.77
Adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama	S/1.06
Adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama	S/1.22
Adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama	S/1.38

De los resultados obtenidos, se puede inferir, que la elaboración de adobe tradicional con adición de paja es más económica; sin embargo, estos adobes poseen propiedades mecánicas no tan buenas como los adobes con adición de fibra de retama.



CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ADOBE

A continuación, se presenta un resumen en barras estadísticas de los resultados obtenidos del procesamiento de datos de la presente investigación.

6.1.1. Análisis comparativo de la resistencia a compresión

Se realiza la comparación de resistencias a compresión de las unidades de adobe mediante los gráficos siguientes:

Figura 72

Resistencia a compresión promedio de unidades de adobe por tipo.

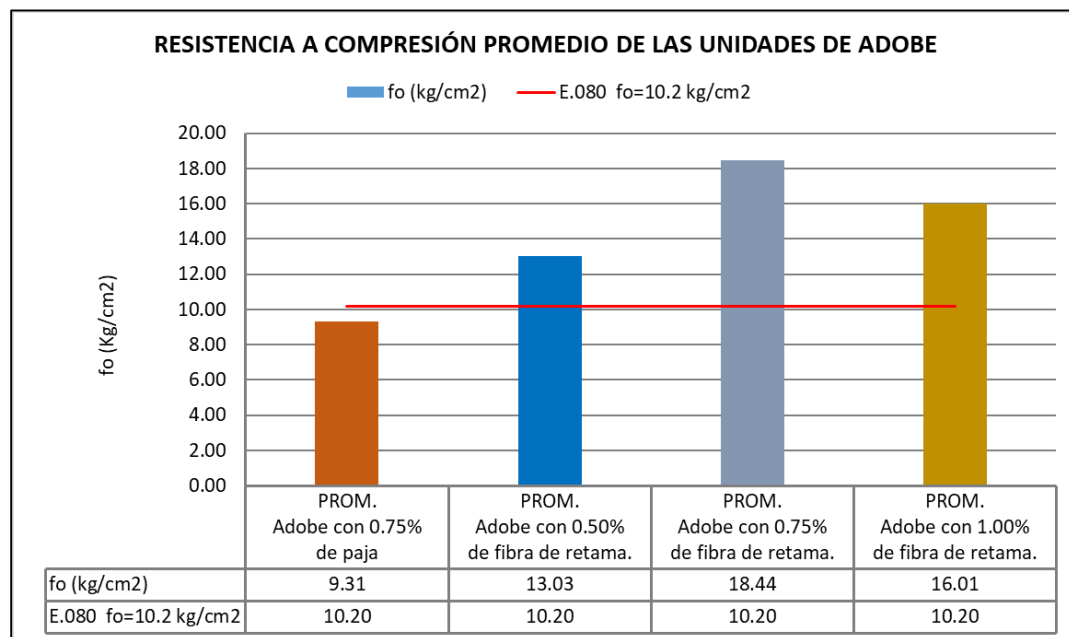
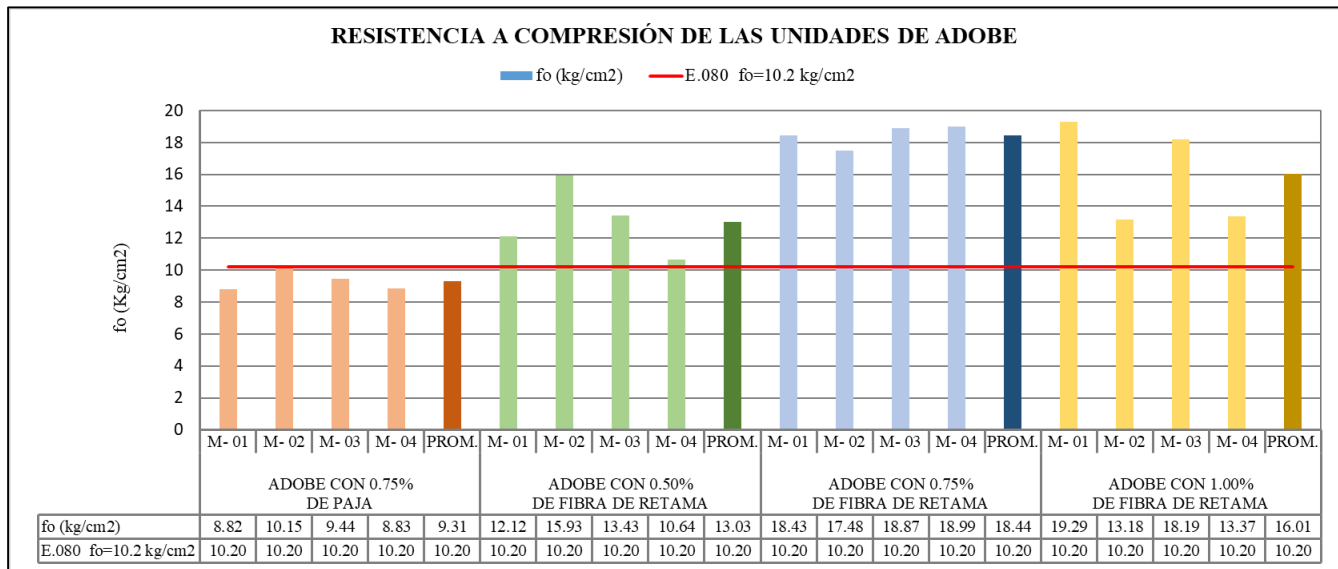




Figura 73

Resistencia a compresión de unidades de adobe.



En la Figura 72, la resistencia a compresión de las unidades de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 98.07% con respecto a la resistencia a compresión de las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja. Además, las unidades de adobe con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a compresión mayor en 39.96% y 71.97% respectivamente, frente a las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja. Se observa que la resistencia a compresión, de las unidades de adobe con adición de 0.75% y 1% en peso de fibra de retama se incrementan en 41.52% y 22.87% respectivamente, frente a la resistencia a compresión de las unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en las unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, la resistencia a compresión es menor en 18.65% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama en las unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).



En la Figura 73, los valores obtenidos de resistencia a compresión de las unidades de adobe con adición de 0.50%, 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama son mayores a los que indica la Norma E.080, donde la resistencia a compresión mínima de las unidades de adobe es de 10.2 kg/cm². Los valores obtenidos de resistencia a compresión de las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja son menores a los que indica la Norma E.080. Esto se debe a que las unidades de adobe ensayadas tienen una esbeltez promedio de 2.90, mientras que el valor mínimo de 10.2 kg/cm² de la Norma E.080 corresponde a muestras con esbeltez de 1.00.

6.1.2. Análisis comparativo de la resistencia a flexión en tres puntos

Se realiza la comparación de resistencias a flexión en tres puntos de las unidades de adobe mediante los gráficos siguientes:

Figura 74

Resistencia a flexión en tres puntos promedio de unidades de adobe por tipo.

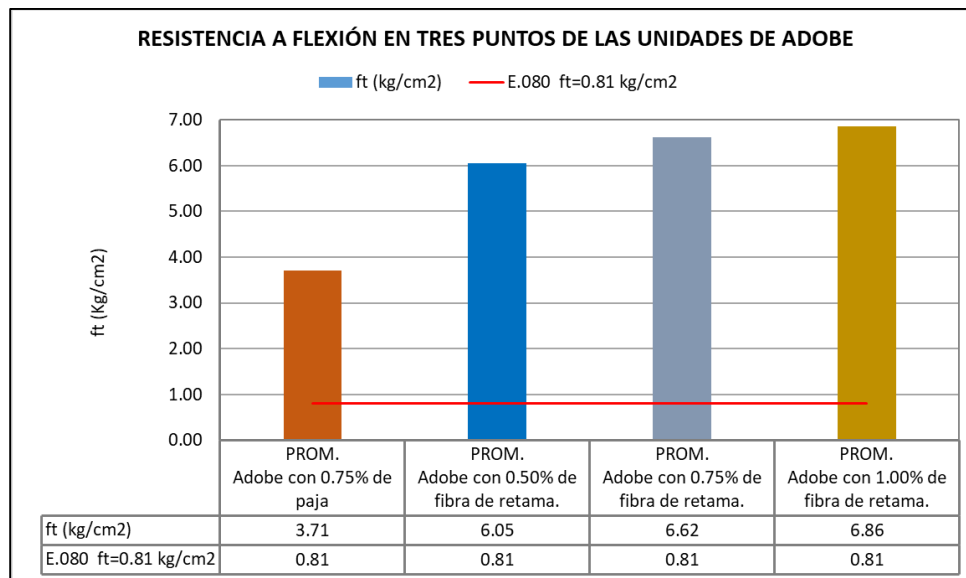
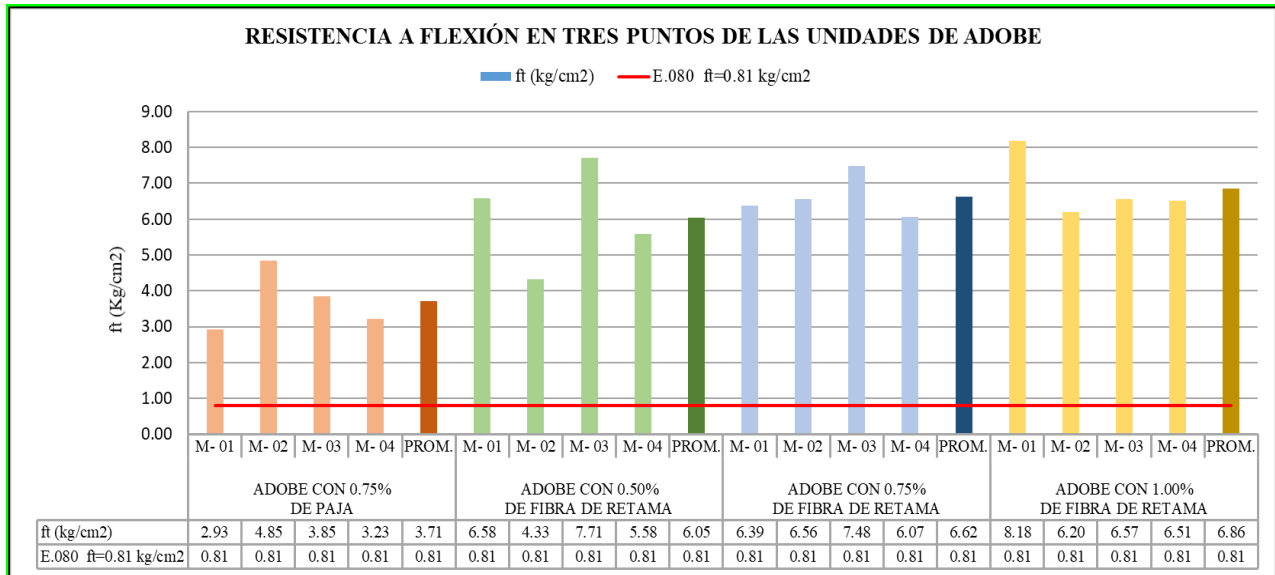




Figura 75

Resistencia a flexión en tres puntos de unidades de adobe



En la Figura 74, la resistencia a flexión en tres puntos de las unidades de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 78.44% con respecto a la resistencia a flexión en tres puntos de las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja. Además, las unidades de adobe con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a flexión en tres puntos mayor en 63.07% y 84.91% respectivamente, frente a las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja. Se observa que la resistencia a flexión de las unidades de adobe con adición de 0.75% y 1% en peso de fibra de retama se incrementan en 9.42% y 13.39% respectivamente, frente a la resistencia a flexión de las unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en las unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, la resistencia a flexión es mayor en 3.97% con respecto al incremento de 0.25% de fibra



de retama en las unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 75, los valores obtenidos de resistencia a flexión en tres puntos de las unidades de adobe son mayores a los que indica la Norma E.080, donde la resistencia a tracción por flexión mínima de las unidades de adobe es de 0.81 kg/cm².

6.1.3. Análisis comparativo de la resistencia a compresión de cubos de adobe

Se realiza la comparación de resistencias a compresión de los cubos de adobe mediante los gráficos siguientes:

Figura 76

Resistencia a compresión promedio de cubos de adobe por tipo.

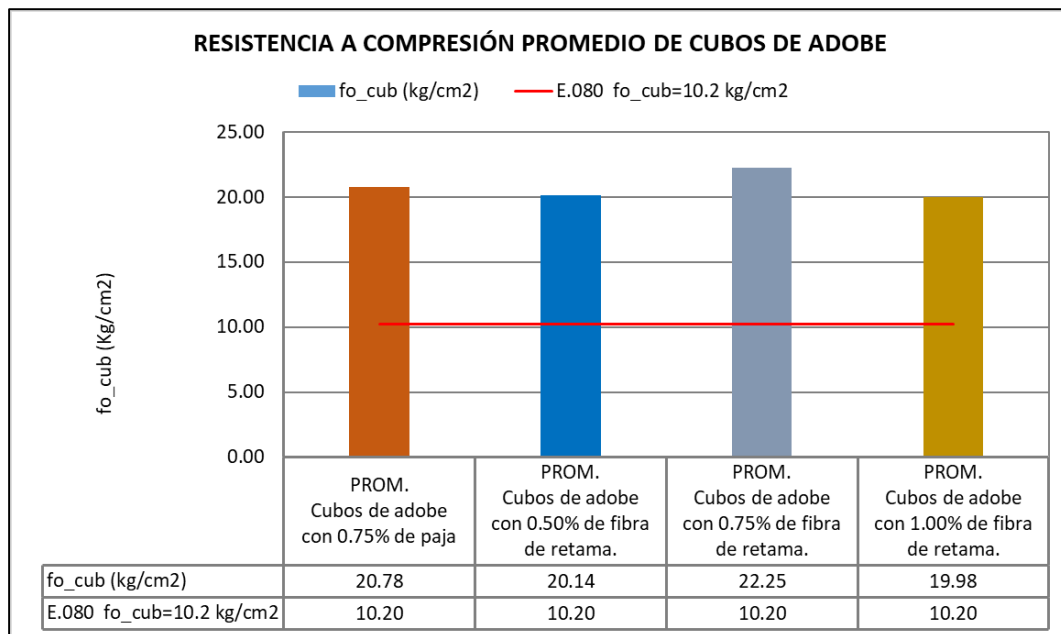
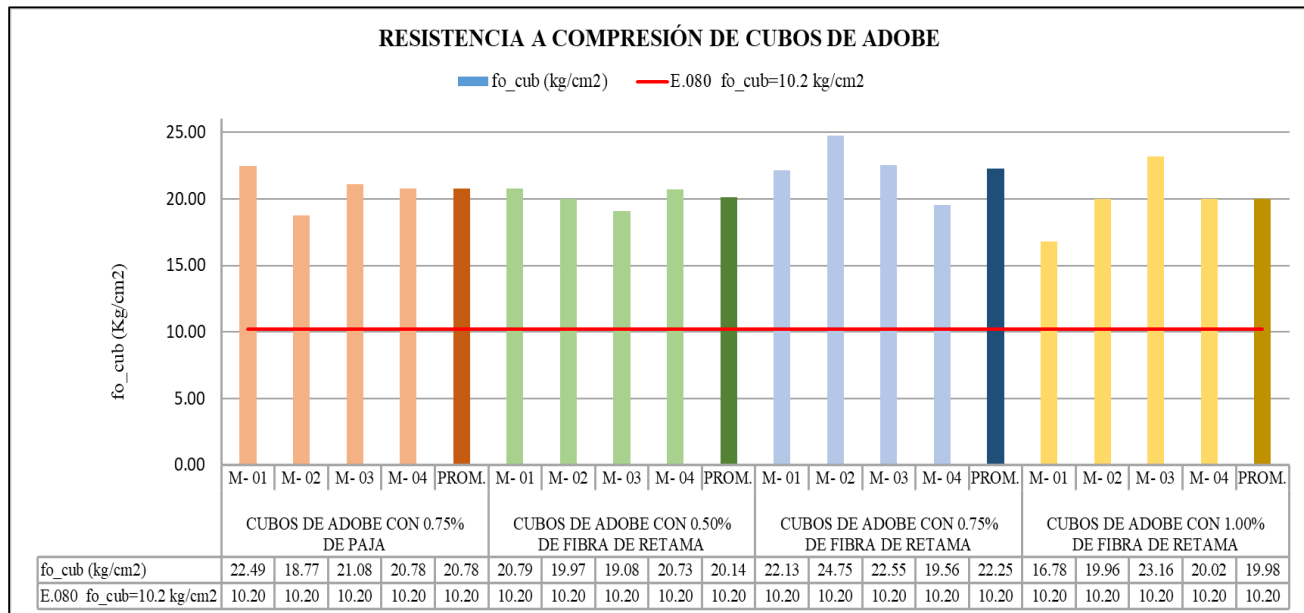


Figura 77

Resistencia a compresión de cubos de adobe.



En la Figura 76, la resistencia a compresión de los cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 7.07% con respecto a la resistencia a compresión de los cubos de adobe con 0.75% en peso de paja. Además, los cubos de adobe con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a compresión menor en 3.08% y 3.85% respectivamente, frente a los cubos de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja. Se observa que la resistencia a compresión, de los cubos de adobe con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama se incrementa en 10.48% y disminuye en 0.79% respectivamente, frente a la resistencia a compresión de los cubos de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en los cubos de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, la resistencia a compresión es menor en



11.27% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama en las unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 77, todos los valores obtenidos de resistencia a compresión de los cubos de adobe son mayores a los que indica la Norma E.080, donde la resistencia a compresión mínima de las unidades de adobe es de 10.2 kg/cm².

6.1.4. Análisis comparativo de la resistencia a la tracción de testigos cilíndricos de barro

Se realiza la comparación de resistencias a tracción de testigos cilíndricos de barro mediante los gráficos siguientes:

Figura 78

Resistencia a tracción promedio de testigos cilíndricos de barro por tipo.

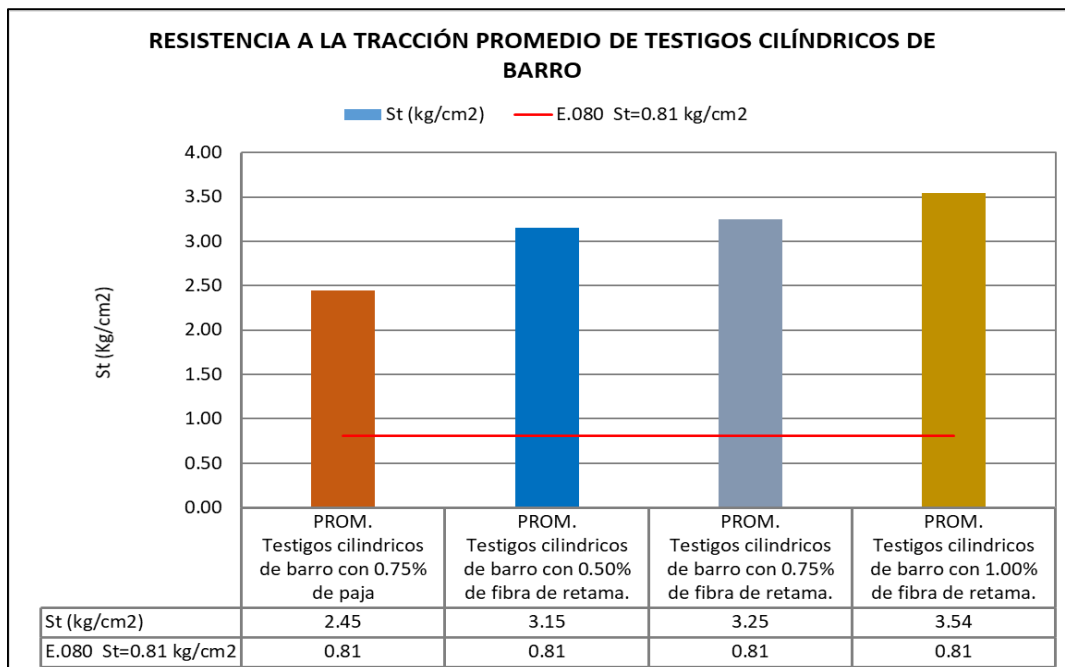
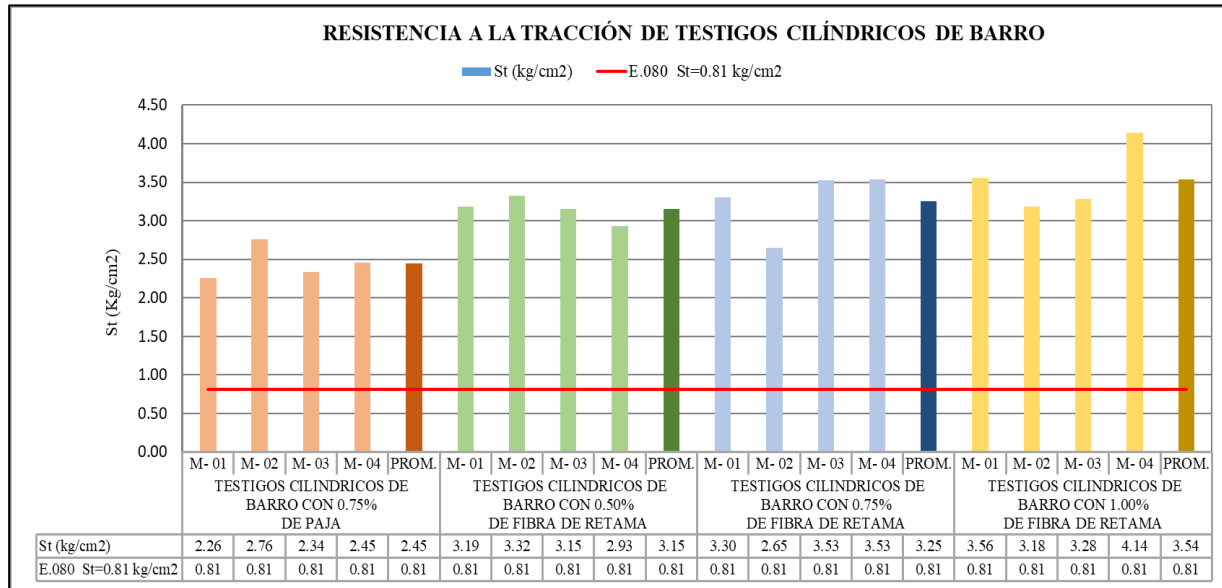


Figura 79

Resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro.



En la Figura 78, la resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 32.65% con respecto a la resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con 0.75% en peso de paja. Además, los testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a tracción mayor en 28.57% y 44.49% respectivamente, frente a los testigos cilíndricos de barro con 0.75% en peso de paja. Se observa que la resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama se incrementa en 3.17% y 12.38% respectivamente, frente a la resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en los testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, la resistencia a tracción es mayor en 9.21% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama



en los testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 79, todos los valores obtenidos de resistencia a tracción de testigos cilíndricos de barro son mayores a los que indica la Norma E.080, donde la resistencia a tracción mínima de las unidades de adobe es de 0.81 kg/cm².

6.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MORTERO DE BARRO

A continuación, se presenta un resumen en barras estadísticas de los resultados obtenidos del procesamiento de datos de la presente investigación.

6.2.1. Análisis comparativo de la resistencia del mortero a compresión

Se realiza la comparación de resistencias del mortero a compresión de los testigos, mediante los gráficos siguientes:

Figura 80

Resistencia a compresión promedio de testigos cilíndricos de mortero de barro por tipo.

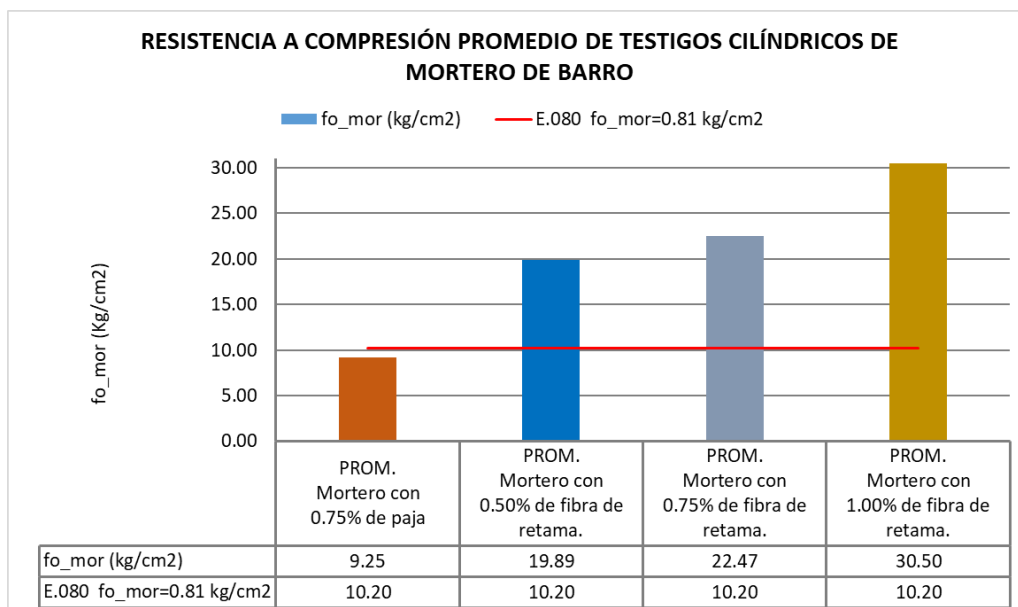
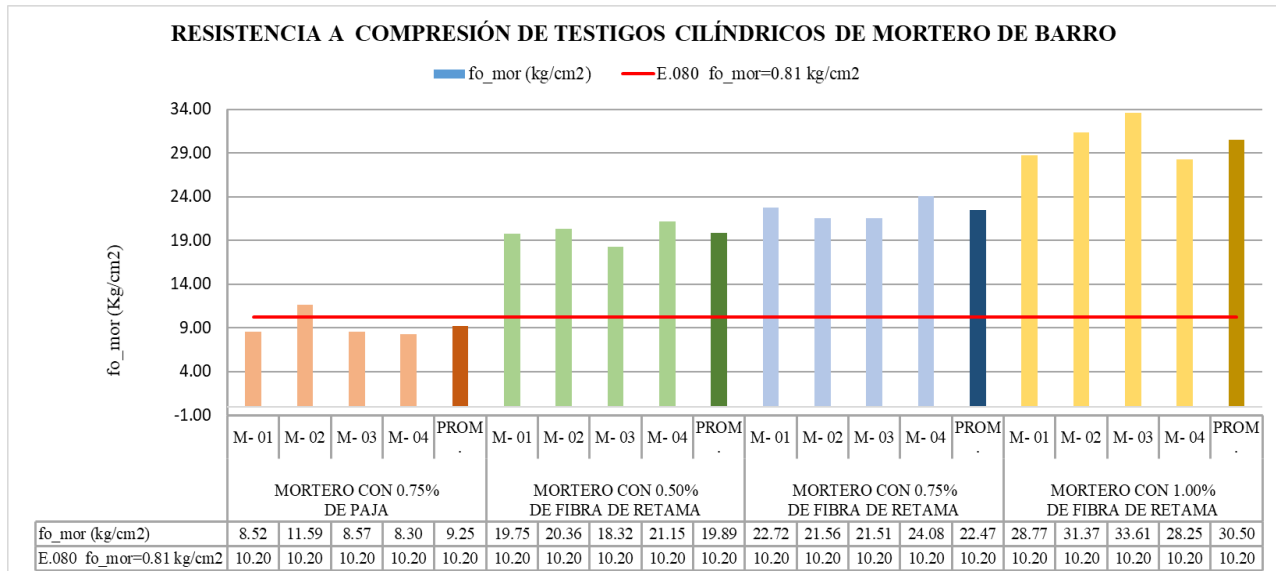


Figura 81

Resistencia a compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro



En la Figura 80, la resistencia a compresión de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 142.92% con respecto a la resistencia a compresión del mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Además, el mortero de barro con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a compresión mayor en 115.03% y 229.73% respectivamente, frente al mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Se observa que la resistencia a compresión de mortero de barro con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama se incrementa en 12.97% y 53.34% respectivamente, frente a la resistencia a compresión de mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en el mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, la resistencia a compresión es mayor en 40.37% con respecto



al incremento de 0.25% de fibra de retama en el mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 81, los valores obtenidos de resistencia a compresión del mortero de barro con adición de 0.50%, 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama son mayores a los que indica la Norma E.080, donde la resistencia a compresión mínima de las unidades de adobe es de 10.2 kg/cm². Los valores obtenidos de resistencia a compresión del mortero de barro con 0.75% en peso de paja son menores a los que indica la Norma E.080. Esto se debe a que las unidades de adobe ensayadas tienen una esbeltez promedio de 1.90, mientras que el valor mínimo de 10.2 kg/cm² de la Norma E.080 corresponde a muestras con esbeltez de 1.00.

6.2.2. Análisis comparativo del esfuerzo de adherencia del mortero

Se realiza la comparación del esfuerzo de adherencia del mortero, mediante los gráficos siguientes:

Figura 82

Esfuerzo promedio de adherencia de mortero en unidades de tres piezas por tipo.

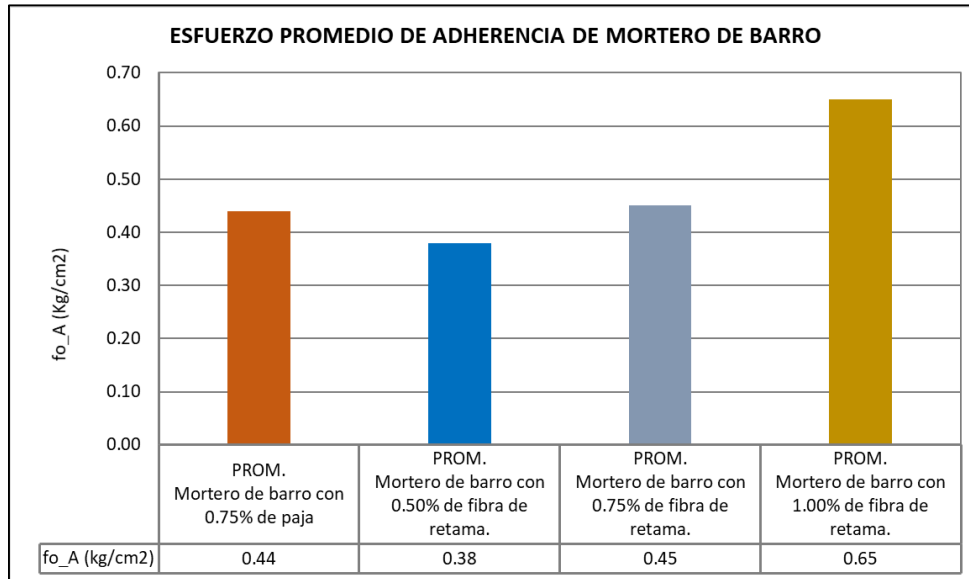
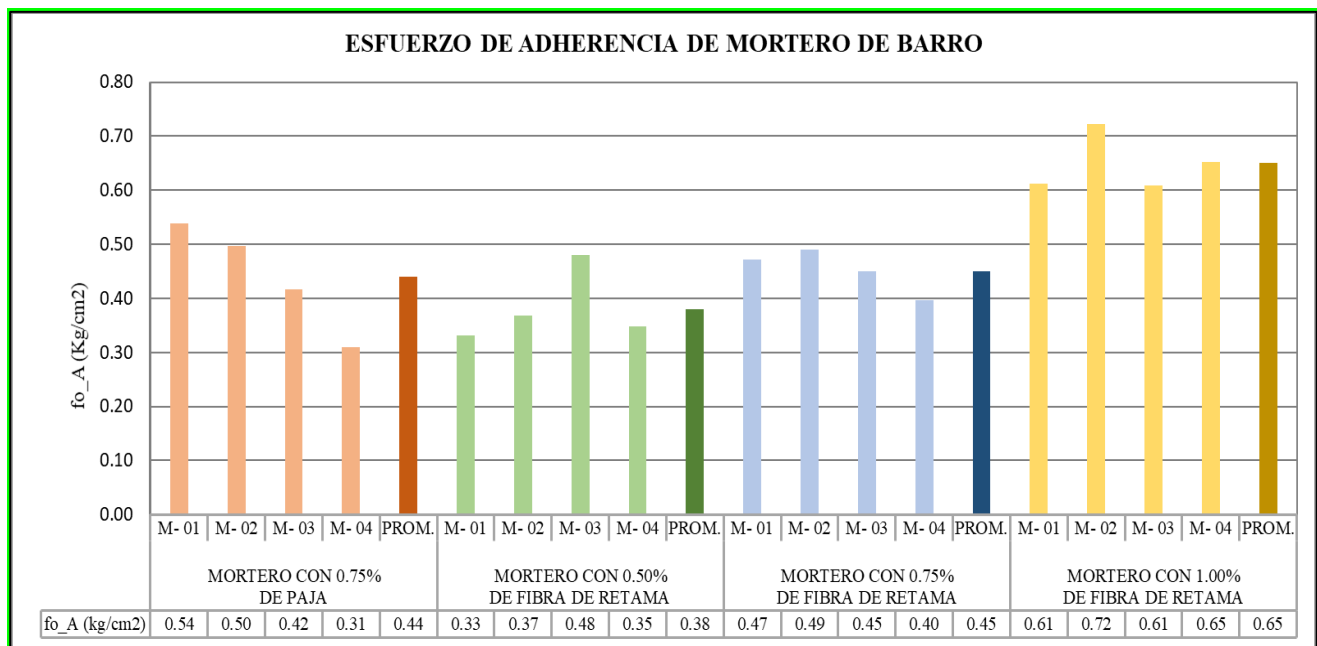


Figura 83

Esfuerzo de adherencia de mortero en unidades de tres piezas.





En la Figura 82, el esfuerzo de adherencia de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 2.27% con respecto al esfuerzo de adherencia de mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Los morteros de barro con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan un esfuerzo de adherencia menor en 13.64% y mayor en 47.73% respectivamente, frente al esfuerzo de adherencia del mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Se observa que el esfuerzo de adherencia de mortero de barro con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama se incrementa en 18.42% y 71.05% respectivamente, frente al esfuerzo de adherencia de mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en el mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, el esfuerzo de adherencia es mayor en 52.63% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama en el mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 83, la norma E.080 no considera este tipo de ensayo. Se puede observar que, a mayor adición de fibra de retama en el mortero de barro, se presenta un mejor pegado entre las unidades de adobe.

6.2.3. Análisis comparativo de la resistencia del mortero a la tracción

Se realiza la comparación de resistencias del mortero a compresión de los testigos, mediante los gráficos siguientes:

Figura 84

Resistencia a tracción promedio de probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro por tipo.

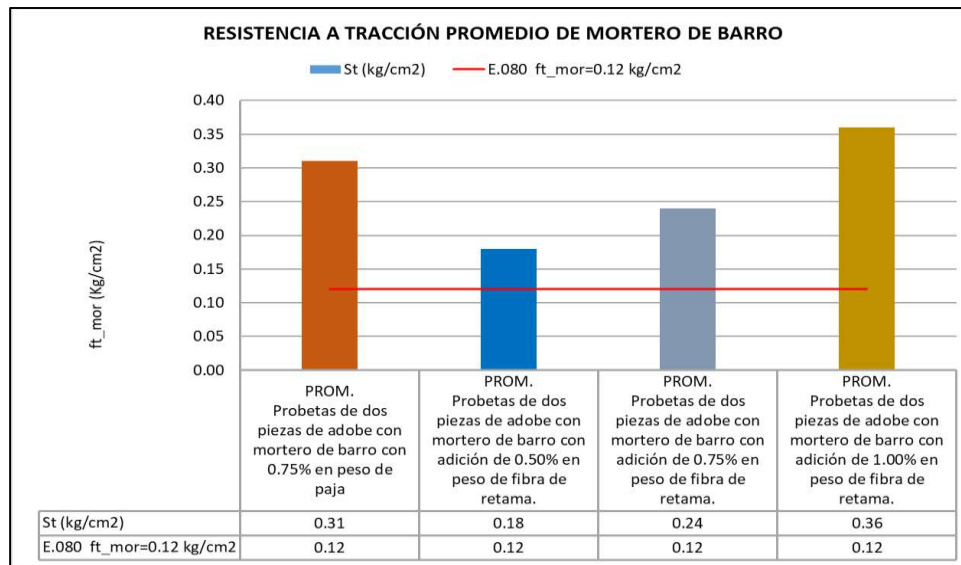
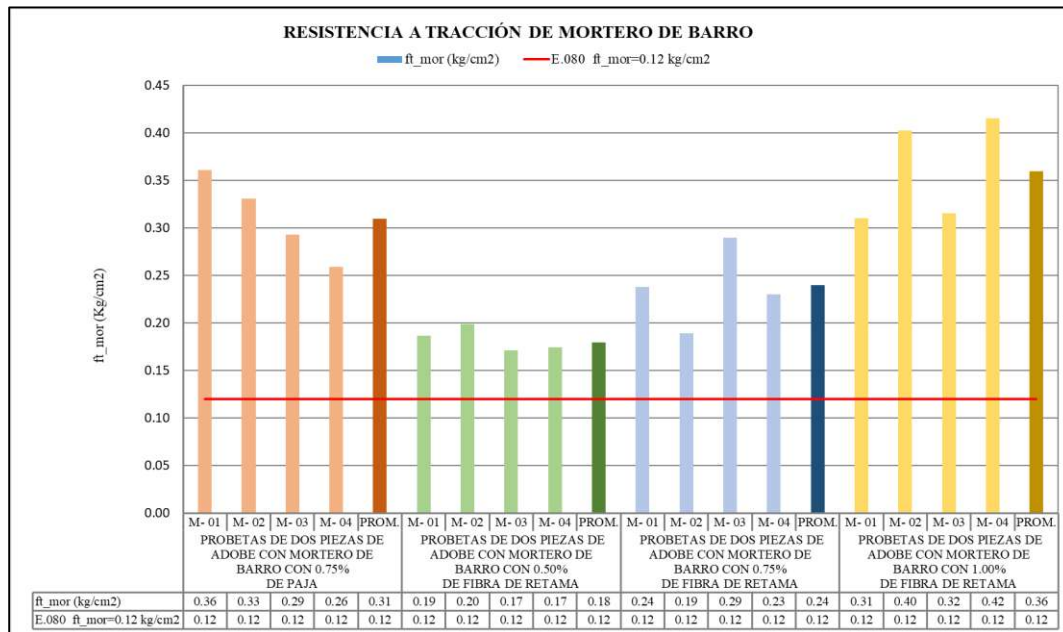


Figura 85

Resistencia a tracción de probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro.





En la Figura 84, la resistencia a tracción de mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es menor en 22.58% con respecto a la resistencia a tracción de mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Además, el mortero de barro con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a tracción menor en 41.94% y mayor en 16.13% respectivamente, frente al mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Se observa que la resistencia a tracción de mortero de barro con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama se incrementa en 33.33% y 100% respectivamente, frente a la resistencia a tracción de mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en los cubos de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, la resistencia a tracción es mayor en 66.67% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama en las unidades de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 85, todos los valores obtenidos de resistencia a tracción de mortero de barro son mayores al establecido por la Norma E.080, donde la resistencia a compresión axial es de 0.12 kg/cm².

6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE.

6.3.1. Análisis comparativo de la resistencia a compresión axial

Se realiza la comparación de resistencias a compresión axial en pilas de mampostería de adobe, mediante los gráficos siguientes:

Figura 86

Resistencia a compresión axial promedio de pilas de mampostería de adobe por tipo.

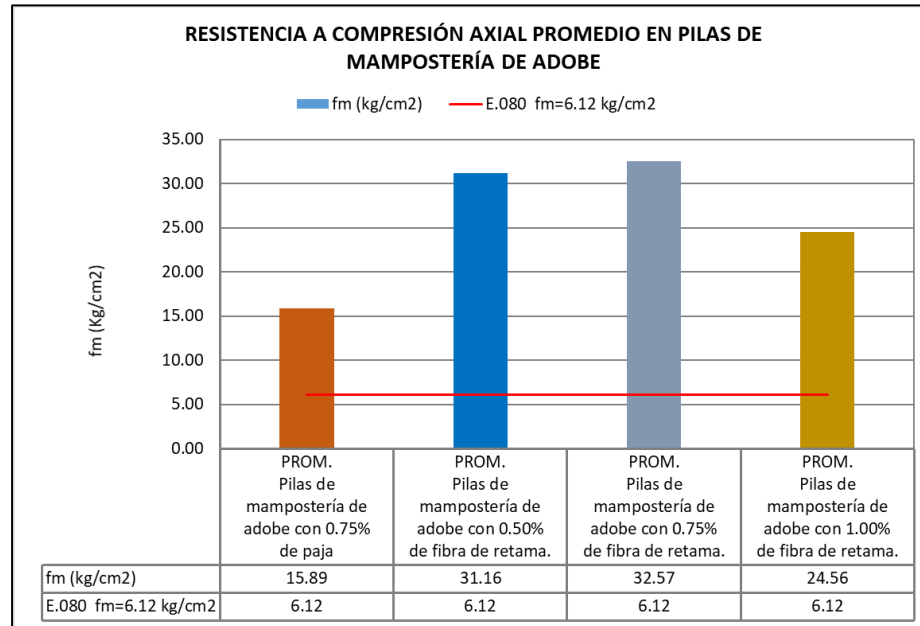
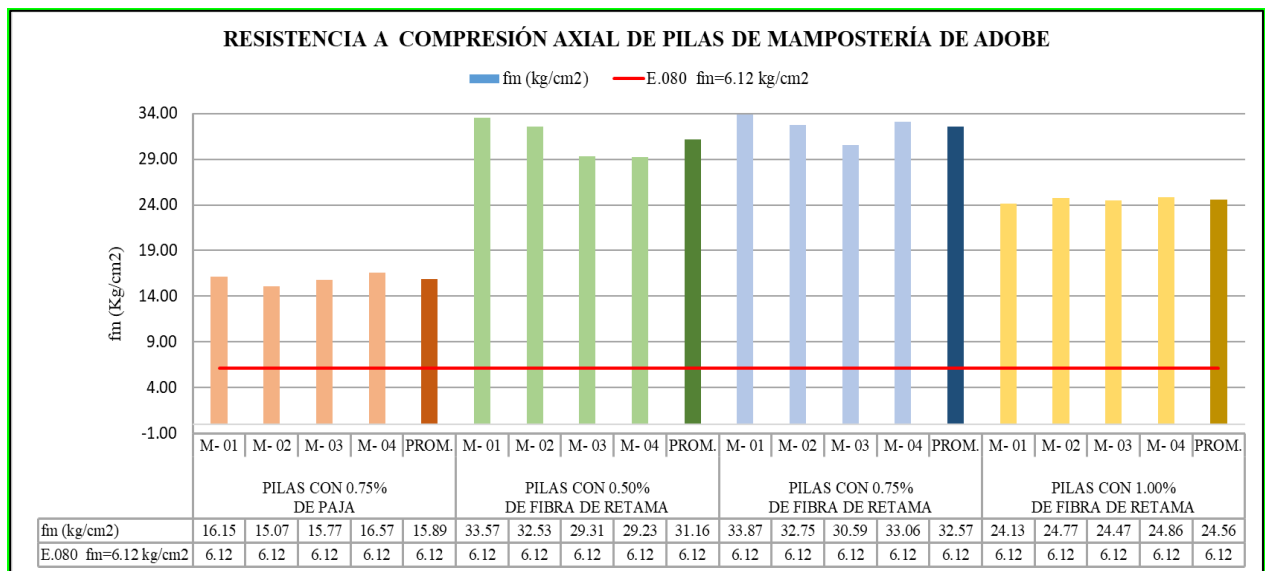


Figura 87

Resistencia a compresión axial de pilas de mampostería de adobe.





En la Figura 86, la resistencia a compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 104.97% con respecto a la resistencia a compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Además, las pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a compresión axial mayor en 96.10% y 54.56% respectivamente, frente a pilas de adobe y mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Se observa que la resistencia a compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama se incrementa en 4.53% y disminuye en 21.18% respectivamente, frente a la resistencia a compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, la resistencia a compresión axial es menor en 25.71% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 87, todos los valores obtenidos de resistencia a compresión axial en pilas son mayores al establecido por la Norma E.080, donde la resistencia a compresión axial es de 6.12 kg/cm².

La dispersión de resultados es menor, debido al buen proceso constructivo de las pilas de mampostería de adobe.

6.3.2. Análisis comparativo del módulo de elasticidad en pilas

Se realiza la comparación del módulo de elasticidad en pilas de mampostería de adobe, mediante los gráficos siguientes:

Figura 88

Módulo de elasticidad promedio de pilas de mampostería de adobe por tipo.

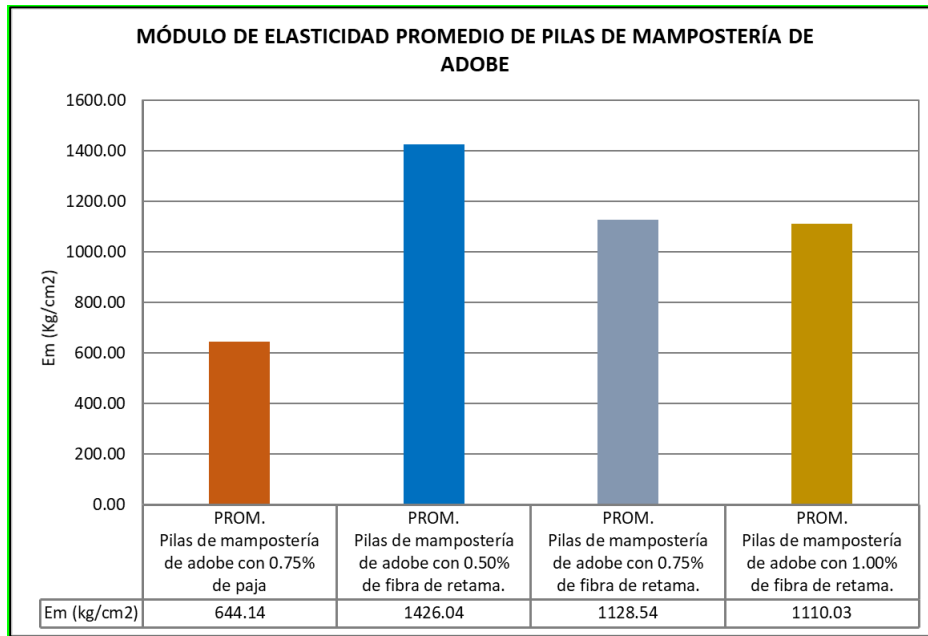
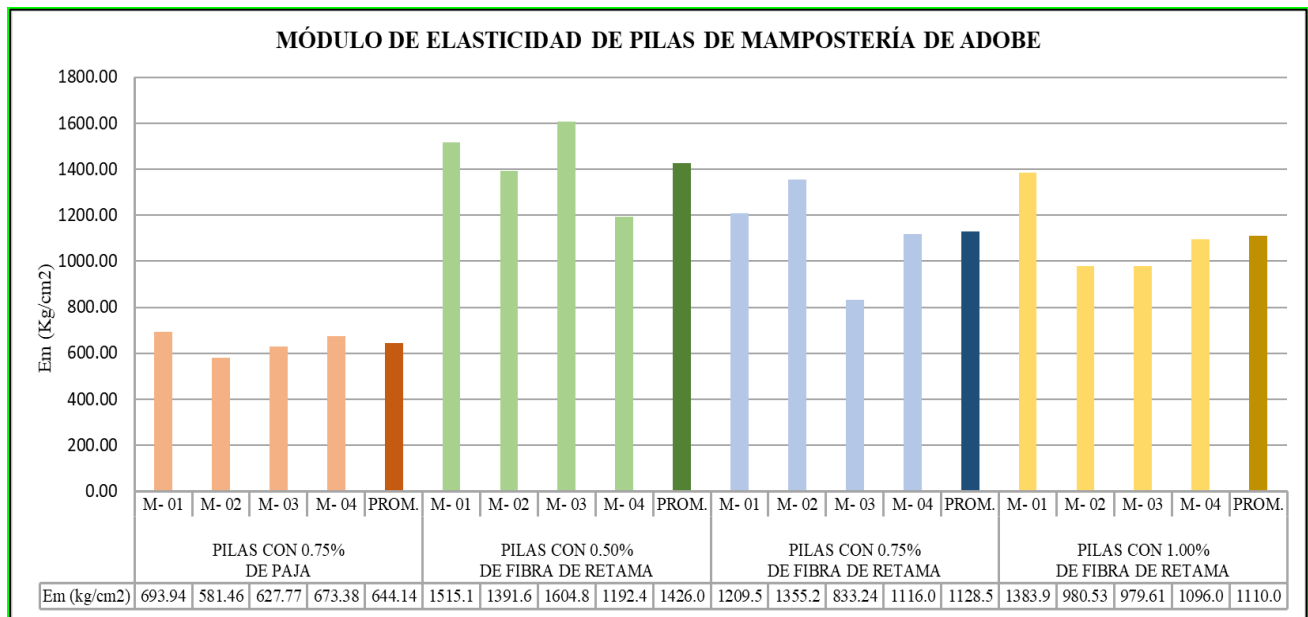


Figura 89

Módulo de elasticidad de pilas de mampostería de adobe.





En la Figura 88, el módulo de elasticidad en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 75.20% con respecto al módulo de elasticidad en pilas de adobe y mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Además, las pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan un módulo de elasticidad mayor en 121.39% y 72.33% respectivamente, frente al módulo de elasticidad en pilas de adobe y mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Se observa que el módulo de elasticidad en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama disminuyen en 20.86% y 22.16% respectivamente, frente al módulo de elasticidad en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, el módulo de elasticidad es menor en 1.30% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama en pilas de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 89, el módulo de elasticidad obtenido en cada espécimen, tienen cierta dispersión de resultados debido al proceso constructivo.

6.3.3. Análisis comparativo de la resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe

Se realiza la comparación de la resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe, mediante los gráficos siguientes:

Figura 90

Resistencia a compresión diagonal promedio de muretes de mampostería de adobe por tipo.

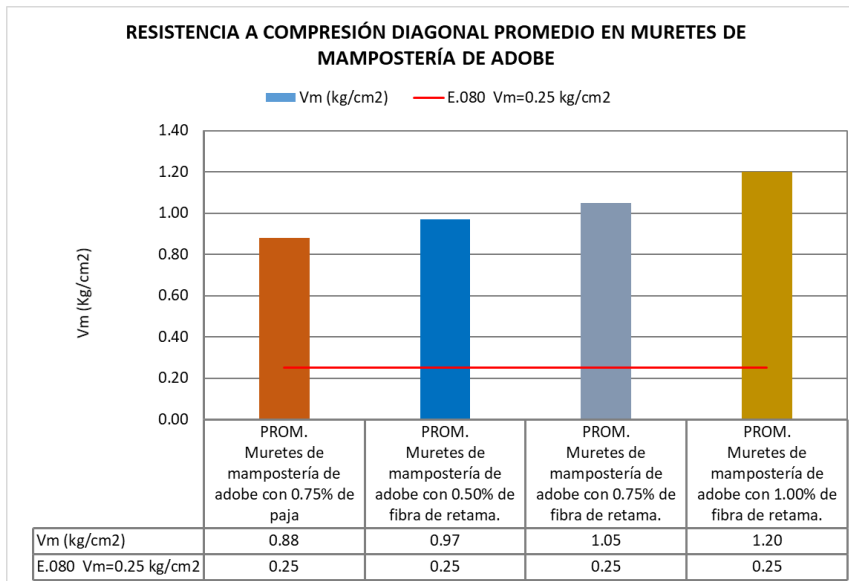
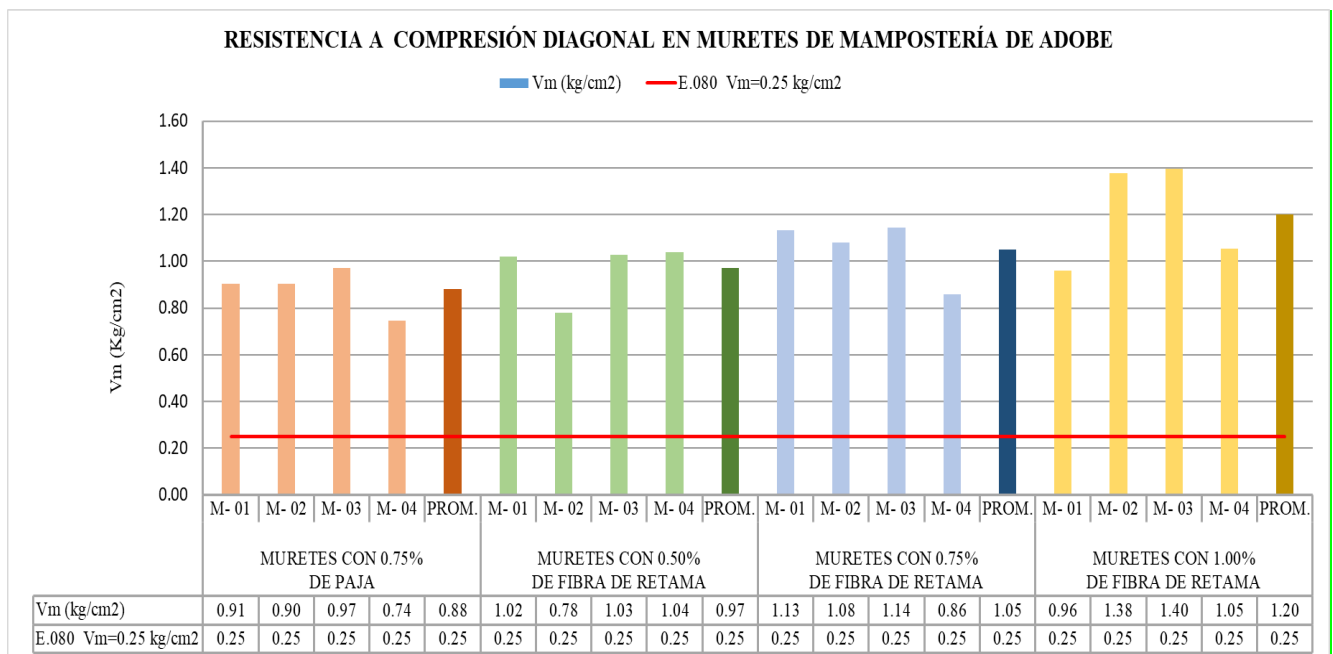


Figura 91

Resistencia a compresión diagonal de muretes de mampostería de adobe.





En la Figura 90, la resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 19.32%, con respecto a la resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Además, los muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a compresión diagonal mayor en 10.23% y 36.36% respectivamente, frente a muretes de adobe y mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Se observa que la resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama se incrementa en 8.25% y 23.71% respectivamente, frente a la resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, la resistencia a compresión diagonal es mayor en 15.46% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

En la Figura 91, todos los valores obtenidos de resistencia a compresión diagonal en muretes son mayores al establecido por la Norma E.080, donde la resistencia a compresión diagonal es de 0.25 kg/cm².

La dispersión de los resultados se debe al proceso constructivo y en las condiciones a las que fueron sometidos al momento de ensayar los muretes de mampostería de adobe.

6.3.4. Análisis comparativo del módulo de corte en muretes

Se realiza la comparación del módulo de corte en muretes de mampostería de adobe, mediante los gráficos siguientes:

Figura 92

Módulo de corte promedio de muretes de mampostería de adobe por tipo.

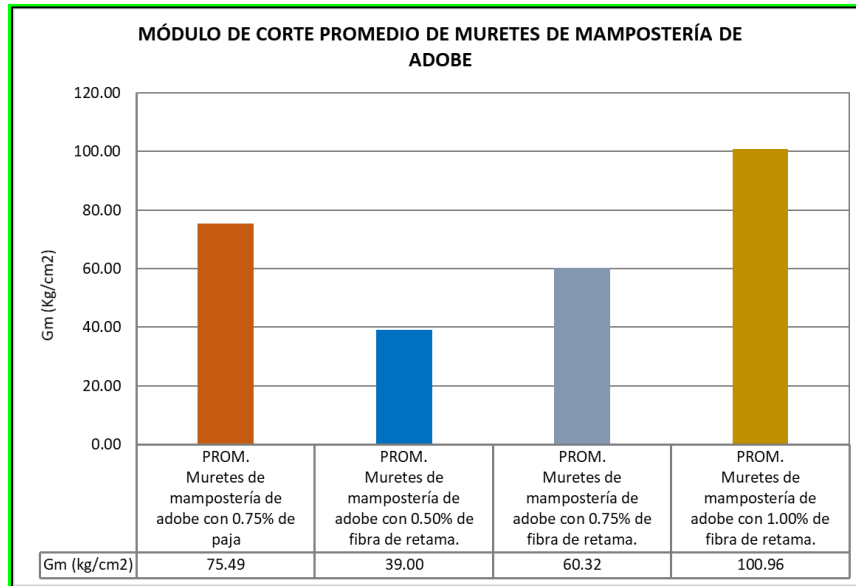
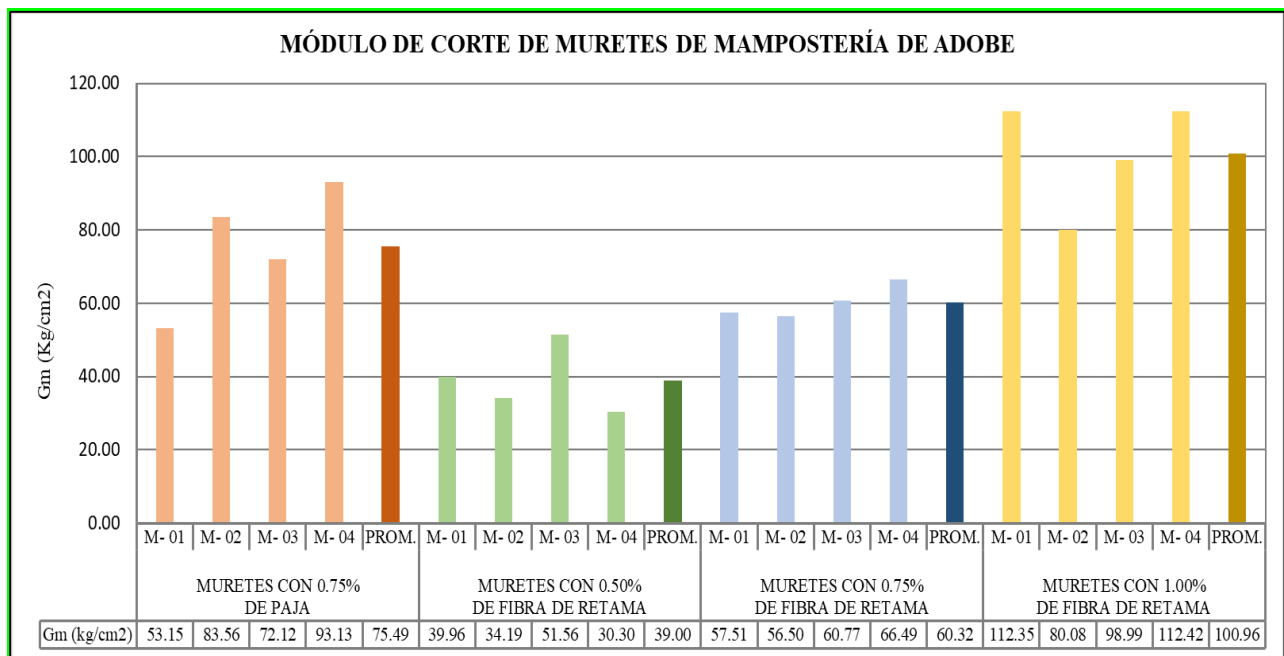


Figura 93

Módulo de corte de muretes de mampostería de adobe.





En la Figura 92, el módulo de corte en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es menor en 20.10% con respecto al módulo de corte en muretes de adobe y mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Además, los muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan un módulo de corte menor en 48.34% y mayor en 33.74% respectivamente, frente al módulo de corte en muretes de adobe y mortero de barro con 0.75% en peso de paja. Se observa que módulo de corte en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama aumentan en 54.67% y 158.87% respectivamente, frente al módulo de corte en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama. También se observa que el incremento de 0.50% de fibra de retama en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, el módulo de corte es mayor en 104.21% con respecto al incremento de 0.25% de fibra de retama en muretes de adobe y mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama (0.75% de fibra de retama).

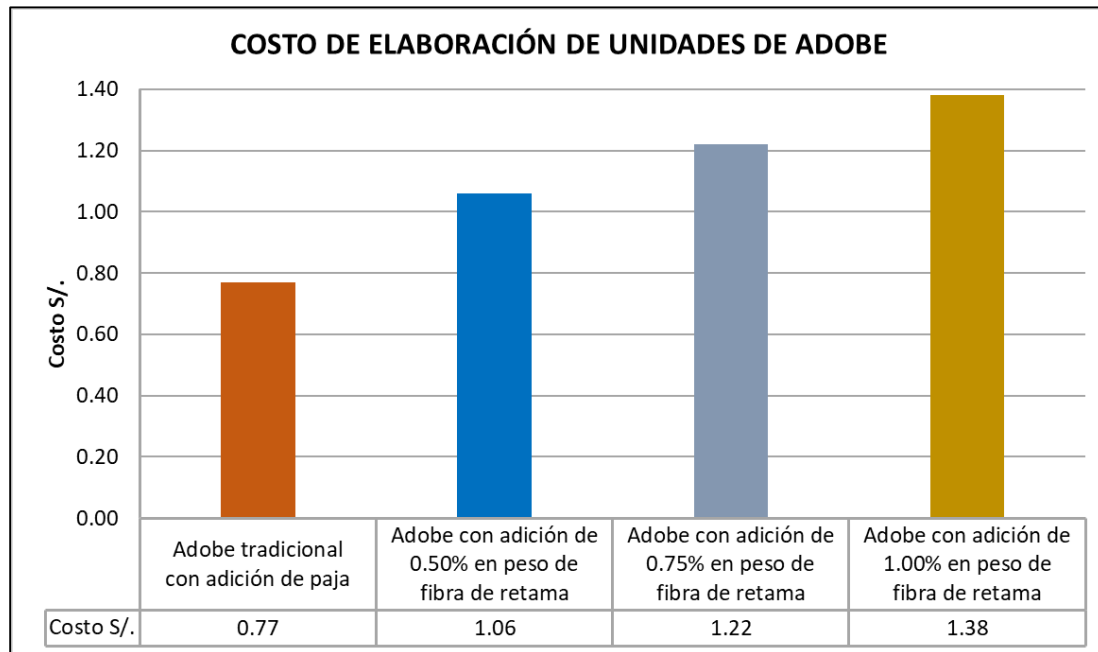
En la Figura 93, el módulo de elasticidad obtenido en cada espécimen, tienen cierta dispersión de resultados debido al proceso constructivo.

6.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO Y BENEFICIO DE LA ELABORACIÓN DE ADOBE CON PAJA VS EL ADOBE CON FIBRA DE RETAMA

Se realiza la comparación del costo de la elaboración de adobe, mediante el gráfico siguiente:

Figura 94

Costo de elaboración de unidades de adobe.



En la Figura 94, el costo de elaboración de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 58.44% con respecto al costo de elaboración de adobe con 0.75% en peso de paja. Además, los adobes con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan un costo de elaboración mayor en 37.66% y 79.22% respectivamente, frente al costo de elaboración de adobe con 0.75% en peso de paja; por lo que, la elaboración de adobe con paja es más económica, pero no se tiene un beneficio respecto a las propiedades del adobe, debido a que la resistencia a compresión de las unidades de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es mayor en 98.07% con respecto a la resistencia a compresión de las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja. Además, las unidades de adobe con adición de 0.50% y 1.00% en peso de fibra de retama presentan una resistencia a compresión mayor en 39.96% y 71.97% respectivamente, frente a las unidades de adobe tradicional con 0.75% en peso de paja.



CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

Conclusión 01:

En la presente investigación se demuestra que el reemplazo de paja por fibra de retama mejora significativamente las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe, la adición de 0.75% en peso de fibra de retama aporta 104.97% de resistencia a compresión axial en pilas y de 19.32% de resistencia a compresión diagonal en muretes, en comparación a la resistencia de la muestra patrón con 0.75% en peso de paja.

Conclusión 02:

Se obtuvo un valor máximo de resistencia a compresión axial promedio en pilas de 32.57 kg/cm² que corresponde a la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama y un mínimo de 15.89 kg/cm² que corresponde a la muestra con adición de 0.75% de paja; la dispersión máxima es 7.13% con una desviación estándar de 2.22, que corresponde a la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama y la dispersión mínima es 1.33% con una desviación estándar de 0.33, que corresponde a la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, lo que significa que el ensayo fue preciso. La resistencia promedio obtenida a compresión axial de pilas de adobe de todas las muestras, es mayor al mínimo requerido por la Norma E.080 que es de 6.12 Kg/cm².

Conclusión 03:

Se obtuvo un valor máximo de resistencia a compresión diagonal promedio en muretes de adobe de 1.20 kg/cm², que corresponde a la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de



retama y un mínimo de 0.88 kg/cm², que corresponde a la muestra con adición de 0.75% de paja; la dispersión máxima es 18.62% con una desviación estándar de 0.22, que corresponde a la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama y la dispersión mínima es 10.99% con una desviación estándar de 0.10, que corresponde a la muestra con adición de 0.75% de paja, lo que significa que el ensayo fue preciso. La muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama tiene una resistencia a compresión diagonal de 1.05 kg/cm² que es mayor en 19.32% con respecto a la muestra con adición de 0.75% de paja, cuya resistencia a compresión diagonal es de 0.88 kg/cm². La resistencia promedio obtenida a compresión diagonal de muretes de adobe de todas las muestras es mayor al mínimo requerido por la Norma E.080, que es de 0.25 Kg/cm².

Conclusión 04:

En los resultados de módulo de elasticidad de las pilas de mampostería de adobe se aprecia que los valores de este, decrecen a medida que se incrementa la cantidad de fibra de retama. Se obtuvo un valor máximo de módulo de elasticidad promedio en pilas de 1426.04 kg/cm², que corresponde a la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama y un mínimo de 644.14 kg/cm², que corresponde a la muestra con adición de 0.75% de paja; la dispersión máxima es 19.50% con una desviación estándar de 220.09, que corresponde a la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama y la dispersión mínima es 7.78% con una desviación estándar de 50.11, que corresponde a la muestra con adición de 0.75% de paja, lo que significa que el ensayo fue preciso. La muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama tiene un módulo de elasticidad de 1128.54 kg/cm², que es mayor en 75.20% con respecto a la muestra con adición de 0.75% de paja, cuyo módulo de elasticidad es de 644.14 kg/cm². Por



ende, se concluye que la fibra de retama mejora el módulo de elasticidad de pilas de adobe, con respecto a las pilas de mampostería de adobe tradicional

Conclusión 05:

En los resultados de módulo de corte de los muretes de mampostería de adobe, se aprecia que los valores de este aumentan a medida que se incrementa la cantidad de fibra de retama. Se obtuvo un valor máximo de módulo de corte promedio en muretes de 100.96 kg/cm², que corresponde a la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama y un mínimo de 39.00 kg/cm², que corresponde a la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama; la dispersión máxima es 23.76% con una desviación estándar de 9.27, que corresponde a la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, lo que significa que el ensayo fue poco preciso y la dispersión mínima es 7.46% con una desviación estándar de 4.50, que corresponde a la muestra con adición de 0.75% de en peso de fibra de retama, lo que significa que el ensayo fue preciso. La muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama tiene un módulo de corte de 60.32 kg/cm², que es menor en 20.10% con respecto a la muestra con adición de 0.75% de paja, cuyo módulo de corte es de 75.49 kg/cm². Por ende, se concluye que la fibra de retama mejora el módulo de corte de muretes de adobe, con respecto a los muretes de mampostería de adobe tradicional.



Conclusión 06:

La variación dimensional del adobe tradicional con 0.75% en peso de paja, es menor con respecto a la variación dimensional del adobe con adición de 0.50%, 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama. A mayor adición en peso de fibra de retama, se tiene menor variación volumétrica.

La variación dimensional del adobe es mayor con respecto a la longitud del adobe, siendo mayor en el adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama con un valor de 8.06% y menor en el adobe con 0.75% en peso de paja, con 2.79%; la variación dimensional es menor con respecto a la altura del adobe, siendo mayor en el adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama, con un valor de 5.83% y menor en el adobe con 0.75% en peso de paja, con 2.64%. La variación volumétrica es mayor para el adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, con 18.55% y menor para el adobe con 0.75% en peso de paja, con 11.69%.

Con estos resultados se puede asegurar que la fibra de retama influye en esta propiedad del adobe; ya que, al aumentar la fibra de retama en la elaboración de las unidades de adobe, se reducen sus dimensiones después de los 28 días de secado.

Conclusión 07:

Con respecto a la absorción del adobe, las muestras ensayadas con adición de 0.75% en peso de paja se desintegraron en un periodo aproximado de 57 minutos, las muestras con 0.50% y 0.75% en peso de fibra de retama, se desintegraron parcial y totalmente en un periodo menor a 3 horas con 46 min y las muestras con 1.00% en peso de fibra de retama, se desintegraron parcial y totalmente en un periodo menor a 23 horas. Por ende, se concluye que la fibra de retama



influye en esta propiedad; debido a que, a mayor adición de fibra de retama, mayor será el tiempo de desintegración de la muestra, por lo que se podría concluir con este ensayo.

Conclusión 08:

En los resultados del ensayo de resistencia a compresión, las unidades de adobe con adición de 0.50%, 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama tienen una resistencia mayor, con respecto a las unidades de adobe patrón con adición de 0.75% en peso de paja. Se obtuvo un valor mínimo de resistencia promedio de 9.31 kg/cm² de la muestra con adición de 0.75% en peso de paja, que es la base comparativa, llegando a un máximo de 18.44 kg/cm² de la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama. La fibra de retama añadida en 0.75% en peso, supera en 98.07% de resistencia a la paja añadida en la misma proporción. La dispersión máxima que se obtuvo corresponde a la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama con un valor de 19.91% y desviación estándar de 3.19, lo que significa que el ensayo no tuvo una buena precisión; la dispersión mínima a la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama con un valor de 3.72% y desviación estándar de 0.69, lo que significa que el ensayo fue preciso. Por ende, se concluye que la fibra de retama mejora la resistencia a compresión de la unidad de adobe.

Conclusión 09:

En los resultados del ensayo de resistencia a flexión en tres puntos, las unidades de adobe con adición de 0.50%, 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama tienen una resistencia mayor, con respecto a las unidades de adobe patrón con adición de 0.75% en peso de paja. También se pudo verificar que, al incrementar la adición en peso de fibra de retama, la resistencia a flexión



en tres puntos se incrementa en una proporción lógica. Se obtuvo un valor mínimo de resistencia promedio de 3.71 kg/cm² de la muestra con adición de 0.75% en peso de paja, que es la base comparativa llegando a un máximo de 6.86 kg/cm² de la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama. La fibra de retama añadida en 0.75% en peso, supera en 78.44% de resistencia, a la paja añadida en la misma proporción. La dispersión máxima que se obtuvo corresponde a la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama con un valor de 23.80% y desviación estándar de 1.44, lo que significa que el ensayo no tuvo una buena precisión; la dispersión mínima a la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama con un valor de 9.10% y desviación estándar de 0.60, lo que significa que el ensayo fue preciso. Por ende, se concluye que la fibra de retama mejora la resistencia a flexión de la unidad de adobe.

Conclusión 10:

En la resistencia a compresión de cubos adobe, la fibra de retama mejoró esta propiedad, puesto que se obtuvo un valor máximo de resistencia promedio de 22.25 kg/cm² correspondiente a la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama y un mínimo de 19.98 kg/cm² para la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama. Al igual que el caso anterior la fibra de retama añadida en 0.75%, supera en 7.07% de resistencia a la paja añadida en la misma cantidad. La dispersión máxima corresponde a la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama con un valor de 13.03% y desviación estándar de 2.60, que significa que el ensayo tuvo una precisión baja y la mínima a la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama con un valor de 3.98% y desviación estándar de 0.80, lo que indica que el ensayo fue preciso.



Conclusión 11:

En los resultados del ensayo de resistencia a tracción, los testigos cilíndricos de barro con adición de 0.50%, 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama, tienen una resistencia mayor con respecto a las unidades de adobe patrón con adición de 0.75% en peso de paja. También se pudo verificar que, al incrementar la adición en peso de fibra de retama, la resistencia a tracción, se incrementa en una proporción lógica. Se obtuvo un valor mínimo de resistencia promedio de 2.45 kg/cm² de la muestra con adición de 0.75% en peso de paja, que es la base comparativa, llegando a un máximo de 3.54 kg/cm² de la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama. La fibra de retama añadida en 0.75% en peso, supera en 32.65% de resistencia a la paja añadida en la misma proporción. La dispersión máxima que se obtuvo corresponde a la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama con un valor de 12.82% y desviación estándar de 0.42, lo que significa que el ensayo no tuvo una buena precisión; la dispersión mínima a la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama con un valor de 5.20% y desviación estándar de 0.16, lo que significa que el ensayo fue preciso. Por ende, se concluye que la fibra de retama mejora la resistencia a tracción de los testigos cilíndricos de barro.

Conclusión 12:

La fibra de retama en reemplazo por paja en el mortero de barro mejora su resistencia a compresión, se obtuvo un valor máximo de resistencia promedio de 30.50 kg/cm² de la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama y un mínimo de 9.25 kg/cm² para la muestra con adición de 0.75% en peso de paja. Al igual que el caso anterior la fibra de retama añadida en 0.75%, supera en 142.92% de resistencia a la paja añadida en la misma cantidad. La dispersión máxima corresponde a la muestra con adición de 0.75% en peso de paja con un valor de 16.97%



y desviación estándar de 1.57, que significa que el ensayo fue poco preciso y la mínima a la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama con 5.40% y desviación estándar de 1.21, lo que indica que el ensayo fue preciso.

Conclusión 13:

En los resultados del ensayo de prueba de adherencia de mortero, las muestras con adición de 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama tienen una adherencia mayor, con respecto a las muestras con adición de 0.75% en peso de paja. También se pudo verificar que, al incrementar la adición en peso de fibra de retama, el esfuerzo de adherencia se incrementa en una proporción lógica. Se obtuvo un valor mínimo de esfuerzo de adherencia promedio de 0.38 kg/cm² de la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama, llegando a un máximo de 0.65 kg/cm² de la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama. La fibra de retama añadida en 0.75% en peso, supera en 2.27% de esfuerzo de adherencia a la paja añadida en la misma proporción. La dispersión máxima que se obtuvo corresponde a la muestra con adición de 0.75% en peso de paja con un valor de 22.93% y desviación estándar de 0.10, lo que significa que el ensayo no tuvo una buena precisión; la dispersión mínima a la muestra con adición de 1.00% en peso de fibra de retama con un valor de 8.15% y desviación estándar de 0.05, lo que significa que el ensayo fue preciso. Por ende, se concluye que la fibra de retama mejora el esfuerzo de adherencia, entre las unidades de adobe.

Conclusión 14:

La fibra de retama en reemplazo por paja en el mortero de barro, mejora su resistencia a tracción, se obtuvo un valor máximo de resistencia promedio de 0.36 kg/cm² de la muestra con



adición de 1.00% en peso de fibra de retama y un mínimo de 0.18 kg/cm² para la muestra con adición de 0.50% en de fibra de retama. La fibra de retama añadida en 0.75% es menor en 22.58% de resistencia a la paja añadida en la misma cantidad. La dispersión máxima corresponde a la muestra con adición de 0.75% en peso de fibra de retama con un valor de 17.26% y desviación estándar de 0.04, que significa que el ensayo fue poco preciso y la mínima a la muestra con adición de 0.50% en peso de fibra de retama con 6.91% y desviación estándar de 1.01, lo que indica que el ensayo fue preciso.

Conclusión 15:

En la investigación se ha determinado que el costo de elaboración de unidades de adobe con paja es más económico en comparación al costo de elaboración de adobe con adición de 0.50%, 0.75% y 1.00% en peso de fibra de retama, teniendo un incremento de costo de S/ 0.29 (37.66%), S/ 0.45 (58.44%) y S/ 0.61 (79.22%) respectivamente; sin embargo, de acuerdo a la norma Peruana E.080 la unidad de adobe tiene una resistencia mínima a compresión de 10.2 kg/cm², en donde la resistencia a compresión del adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama es de 18.44 kg/cm² y la resistencia a compresión del adobe tradicional con adición en peso de paja es de 9.31 kg/cm². El adobe con adición en peso de fibra de retama tiene una mejor resistencia al esfuerzo de compresión con valores que varían entre 13.03 a 18.44 kg/cm².

Teniendo en cuenta estos valores de resistencia al esfuerzo a compresión, se concluye que el adobe elaborado con adición en peso de fibra de retama tiene una desventaja en cuanto al costo, pero en cuanto a seguridad es más beneficioso, ya que se puede construir viviendas que tengan un mejor comportamiento sísmico, puesto que tiene mejores propiedades mecánicas, respecto al adobe elaborado con paja.



7.2. RECOMENDACIONES

Recomendación 01:

Se recomienda que el porcentaje de adición de fibra de retama en la elaboración de unidades de adobe sea el 0.75% en peso de fibra de retama, ya que en esta proporción presenta un mejor comportamiento mecánico.

Recomendación 02:

Se recomienda controlar el proceso constructivo de las muestras para el estudio de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe. Se debe garantizar la verticalidad y horizontalidad de las pilas y muretes, así como también el espesor de las juntas, ya que estos aspectos influyen directamente en los valores de resistencia mecánica y reducen la dispersión de los resultados, debido a que las muestras se someten en las mismas condiciones.

Recomendación 03:

Se recomienda tener un buen control al momento del secado de las unidades de adobe debido a que, si se exponen directamente al sol, estas se fisuraran por una contracción rápida que sufre el adobe al perder agua. El secado influirá en la calidad de las unidades de adobe, teniendo un mejor comportamiento mecánico, así como también en las dimensiones de las pilas y muretes.

Recomendación 04:

Se recomienda realizar futuras investigaciones en adobe, donde se adicione fibra de retama en un porcentaje en peso diferente a lo estudiado y con estos porcentajes de adición en peso de fibra de retama, se pueda obtener la cantidad óptima de fibra y así tener mejores



resultados en las propiedades mecánicas de Resistencia a compresión Axial y compresión Diagonal de la mampostería de adobe.

Recomendación 05:

Se recomienda realizar un desarrollo de vivienda económica modular en adobe con adición en peso de fibra de retama.

Recomendación 06:

Se recomienda para la elaboración de muretes de mampostería de adobe, pegar las unidades de adobe con un mortero que tenga mayor porcentaje en peso de fibra de retama, con respecto al porcentaje con el que se elaboraron las unidades de adobe y así tener mejores resultados en el ensayo de compresión diagonal.

Recomendación 07:

Se recomienda realizar una investigación que permitan conocer más a fondo la influencia de la retama en el adobe; por ejemplo, conocer la influencia de la corteza de las ramas de la retama en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe.

Recomendación 08:

Se recomienda realizar una investigación con un porcentaje de adición menor a 0.50% en peso seco de fibra de retama, para que así el costo de elaboración del adobe sea menor y puedan estar dentro de la capacidad adquisitiva de los pobladores que usan la unidad de adobe con paja en sus viviendas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

- American Society for Testing and Materials. (s.f.). *Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile (ASTM C 67 - 05)*.
- Antay, A. (2020). *EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ADOBE REEMPLAZANDO PAJA POR FIBRA DE POLIPROPILENO, FRENTE AL ADOBE ELABORADO EN EL DISTRITO DE SAYLLA-CUSCO [Tesis para optar el título profesional, Universidad Andina del Cusco]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4078>
- Arce, R., & Arodriguez, V. (2014). *Propuesta del empleo del adobe reforzado con geomalla en la construcción de viviendas unifamiliares de un piso en el pueblo Joven Yanama - Ayacucho. Huancavelica [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Huancavelica]*. Repositorio Institucional.
- Badillo, J., & Rodriguez, R. (2011). *Mecánica de suelos, Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos*. LIMUSA.
- Benites, V. (2017). *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina) [Tesis para optar el título profesional, Universidad de Piura]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/2993>
- Bowles, J. (1982). *PROPIEDADES GEOFISICA DE LOS SUELOS*.
- Campos, Y. (2019). *Análisis físico mecánico del adobe con la aplicación de fibra de totora, Tayabamba-2018 [Tesis para optar el título profesional, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60755>
- Chuna, A. (2020). *Elaboración del adobe adicionando cal y fibra de eucalipto para mejorar las propiedades mecánicas y termodinámicas, Chonta - Huancayo, Lima 2020 [Tesis para optar le titulo profesional, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/53669>
- Florez, F., & Limpe, Y. (2019). *INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018 [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/3670>
- Griborio, C. (2017). *Impresión 3D con material a base de adobe. GPCT Gerencia, Proyectos.*
- Herrera, D., & Núñez, C. (2021). *Influencia de la fibra de caña de azúcar, en el incremento de la resistencia a la compresión del adobe, San Ignacio 2021 [Tesis para ptar el titulo profesional, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/70225>



- Informática, I. N. (2017). *Características de las viviendas particulares censadas*. Obtenido de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/part_e01.pdf
- Menendez, J. (1946). *Una Lección sobre Morteros [Folleto, Universidad de la Habana]*.
- MIDAGRI. (2021 de Febrero de 2021). *RETAMA*. Recuperado el 6 de Junio de 2023, de MIDAGRI: www.midagri.gov.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemerge/RETAMA.pdf
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2017). *Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada*.
- Norma Técnica Peruana. (2002). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de albañilería de concreto (NTP 399.604)*.
- Norma Técnica Peruana. (2004). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería (NTP 399.621)*.
- Norma Técnica Peruana. (2005). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería (NTP 399.613)*.
- Norma Técnica Peruana. (2013). *Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería (NTP 399.605)*.
- Paéz, D., Parra, S., & Montaña, C. (2009). *ALTERNATIVA ESTRUCTURAL DE REFUERZO HORIZONTAL EN MUROS DE MAMPOSTERÍA*, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*.
- PERUANA, N. T. (2002). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de albañilería de concreto (NTP 399.604)*.
- San Bartolomé, A., Quiun, D., & Silva, W. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS SISMORESISTENTES DE ALBAÑILERÍA*.
- SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. (1975). *DETERMINACION DEL ESFUERZO DE ADHERENCIA DE LOS LADRILLOS CERAMICOS Y EL MORTERO DE LAS JUNTAS (NMX-C-082)*.
- Solis, W. (2022). *Efectos de la fibra de retama en muros portantes de albañilería de ladrillo de arcilla, distrito de Huancayo, Junín- 2022 [Tesis para optar el título profesional, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89175>
- TEXTILIDEAS. (5 de Marzo de 2016). *Fibra de Genista*. Recuperado el 6 de Junio de 2023, de TEXTILIDEAS: www.textilideas.com/2016/03/fibra-de-genista/



textiltecnologia2014. (21 de Mayo de 2014). *FIBRAS TEXTILES*. Recuperado el 8 de Junio de 2023, de textiltecnologia2014: <https://textiltecnologia2014.weebly.com/fibras-textiles.html>

Urbano, S. (2001). *Buena tierra: apuntes para el diseño y construcción con adobe*. CIDAP.

Ureña, M., & Llumitasig, S. (2017). *Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala [Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26585>

Vazquez, E. (2016). *ESTUDIO COMPARATIVO USANDO ECOTECNOLOGÍAS [Tesis para optar el título profesional, Universidad Autónoma de Chiapas]*. Obtenido de <http://www.cecodes.net/files/ESTUDIO%20COMPARATIVO%20USANDO%20ECOTECNOLOG%C3%8DAS%20EN%20VIVIENDAS%20DE%20MADERA,%20ADOBE%20Y%20CONCRETO.pdf>



ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO:

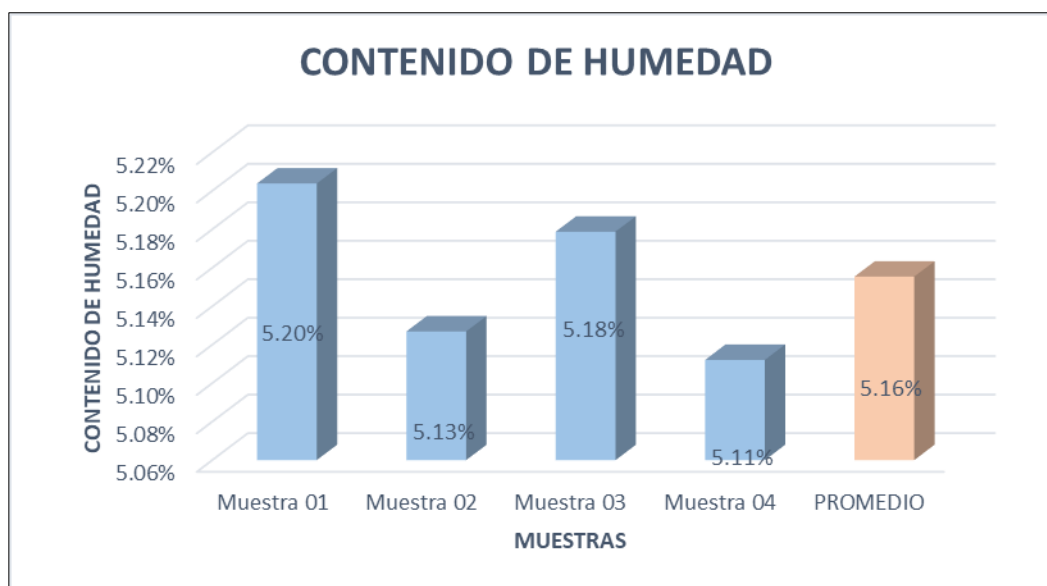
FECHA: 17 DE JULIO 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN ESTADO NATURAL

Basado en la norma NTP 339.127, 1999

Descripción	Unidad	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04
Peso de Capsula	gr	62.09	58.81	59.11	52.32
Peso de Capsula + Muestra Húmeda	gr	128.4	120.53	118.82	119.35
Peso de Capsula + Muestra Seca	gr	125.12	117.52	115.88	116.09
Peso de Agua	gr	3.28	3.01	2.94	3.26
Peso de la Muestra Seca	gr	63.03	58.71	56.77	63.77
Contenido de Humedad	%	5.20%	5.13%	5.18%	5.11%
Contenido de Humedad Promedio	%	5.16%			

Contenido de Humedad del Suelo= 5.16%





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO:

FECHA: 18 y 25 DE JULIO 2023

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DEL SUELO

Basado en la norma NTP 339.131, 1999

DESCRIPCION	Unidad	Muestra 01
Peso Suelo (gr)	gr	65.01
Peso Picnometro + Agua (gr)	gr	641.44
Peso Picnometro + Agua + Suelo Seco (gr)	gr	680.79
Peso específico (gr/cm³)	gr/cm ³	2.53

Peso específico relativo = 2.53 gr/cm³



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO:

FECHA: 24 y 25 DE JULIO 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL SUELO
NTP 339.128, 1999

Antes del Lavado

Peso de la Muestra Seca = 805.00 gr

Despues del Lavado

Peso de la Muestra Seca = 292.90gr
 % de Error en Peso = -0.37%

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que Pasa (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/4"	19	0	805	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	0	805	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	11.74	793.26	1.46%	1.46%	98.54%
N° 10	2	48.44	744.82	6.02%	7.48%	92.52%
N° 20	0.85	40.84	703.98	5.07%	12.55%	87.45%
N° 40	0.425	27.23	676.75	3.38%	15.93%	84.07%
N° 60	0.25	26.62	650.13	3.31%	19.24%	80.76%
N° 100	0.15	40.99	609.14	5.09%	24.33%	75.67%
N° 200	0.075	91.09	518.05	11.32%	35.65%	64.35%
Cazuela	-	7.03		0.87%	36.52%	
Lavado	-	511.02		63.48%	100.00%	
Total Fraccion Retenido en Lavado =		293.98		100.00%		

<u>Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra</u>	<u>Fracción Gruesa</u>
% de grava ((retiene tamiz N°4) =	1.46%
% de arena (Pasa N°4 y Ret. N° 200) =	34.19%
% de finos (Pasa Tamiz N° 200) =	64.35%
Total =	100.00%
	% de grava = 4.09%
	% de arena = 95.91%
	Total = 100.00%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

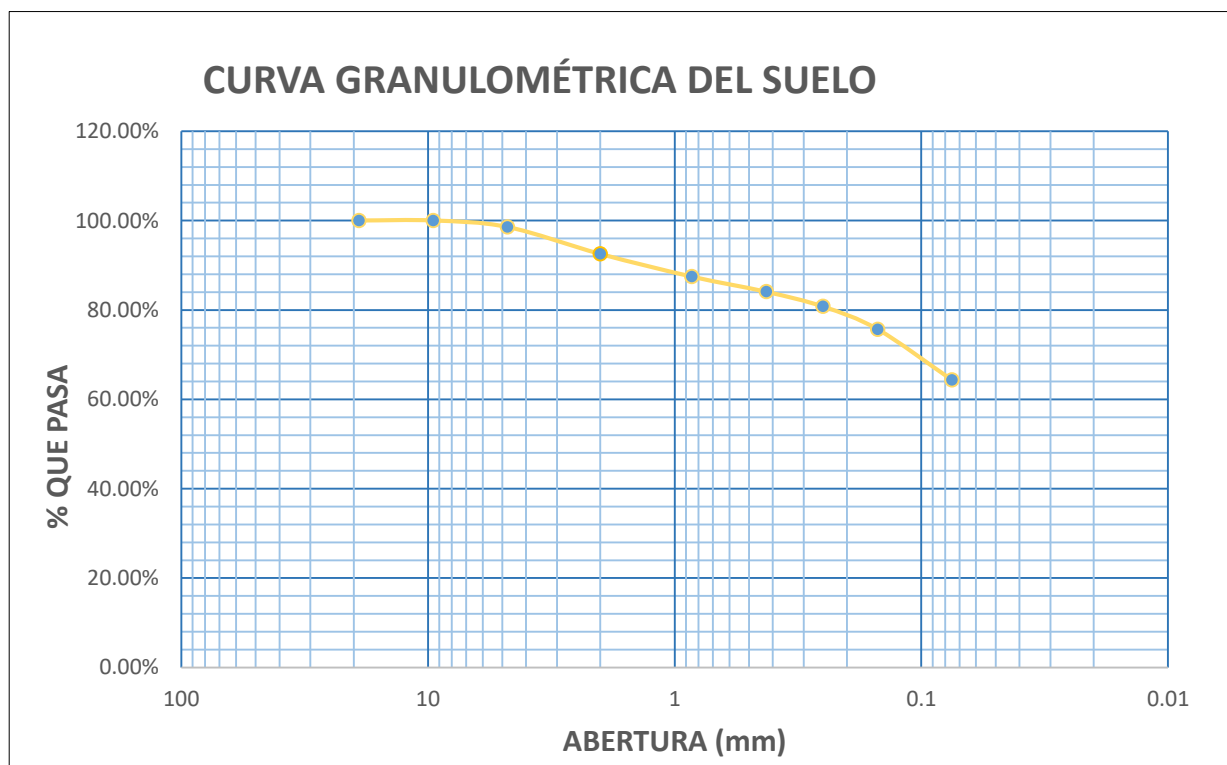
TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO:

FECHA: 24 y 25 DE JULIO 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL SUELO
NTP 339.128, 1999



Tamaño Maximo
Absoluto = 3/4"

Tamaño Maximo
Nominal = N°4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO

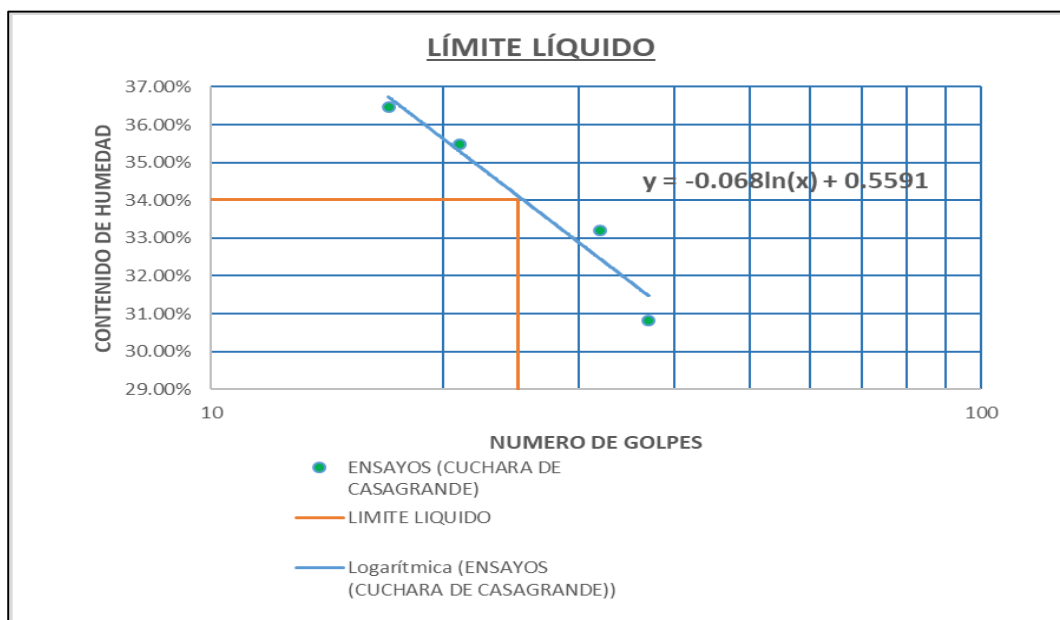
FECHA: 28 Y 29 DE AGOSTO 2023

LÍMITE LÍQUIDO

Basado en la Norma NTP 339.129, 1999

DESCRIPCION	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	59.69	61.32	60.42	57.73
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	71.83	73.8	71.72	69.52
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	68.97	70.69	68.76	66.37
Peso del Agua (gr)	2.86	3.11	2.96	3.15
Peso de la Muestra Seca (gr)	9.28	9.37	8.34	8.64
Contenido de Humedad	30.82%	33.19%	35.49%	36.46%
Numero de Golpes	37	32	21	17

LÍMITE LÍQUIDO = 34.02%





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO

FECHA: 28 Y 29 DE AGOSTO 2023

LÍMITE PLÁSTICO

Basado en la Norma NTP 339.129, 1999

DESCRIPCION	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso de Capsula (gr)	21.93	21.99
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	25.65	25.79
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	24.99	25.08
Peso del Agua (gr)	0.66	0.71
Peso de la Muestra Seca (gr)	3.06	3.09
Contenido de Humedad	21.57%	22.98%



LÍMITE LIQUIDO =	34.02%
LÍMITE PLÁSTICO =	22.27%
INDICE DE PLASTICIDAD =	11.75%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO:





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO:

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

DATOS PARA LA CLASIFICACION	
De la granulometria	De los l'imites de consistencia
% que pasa el tamiz N°10 = 92.52%	LL = 34.02%
% que pasa el tamiz N°40 = 84.07%	LP = 22.27%
% que pasa el tamiz N°200 = 64.35%	IP = 11.75%

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos, pasa el tamiz N°200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N°200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5
SUB GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6
% que pasa el tamiz:												
N° 10	50 máx.											
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 min									
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min	36 min	36 min	36 min	
Características del material que pasa el tamiz N°40												
Limite Liquido			No Plastico	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min	40 máx.	41 min	41 min
Indice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 min	11 min	10 máx.	10 máx.	11 min	11 min	11 min
Indice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	
Tipos de Material	Fragmento de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
A-6 (5) = Contiene particulas finas limosas o arcillosas con un limite liquido bajo												

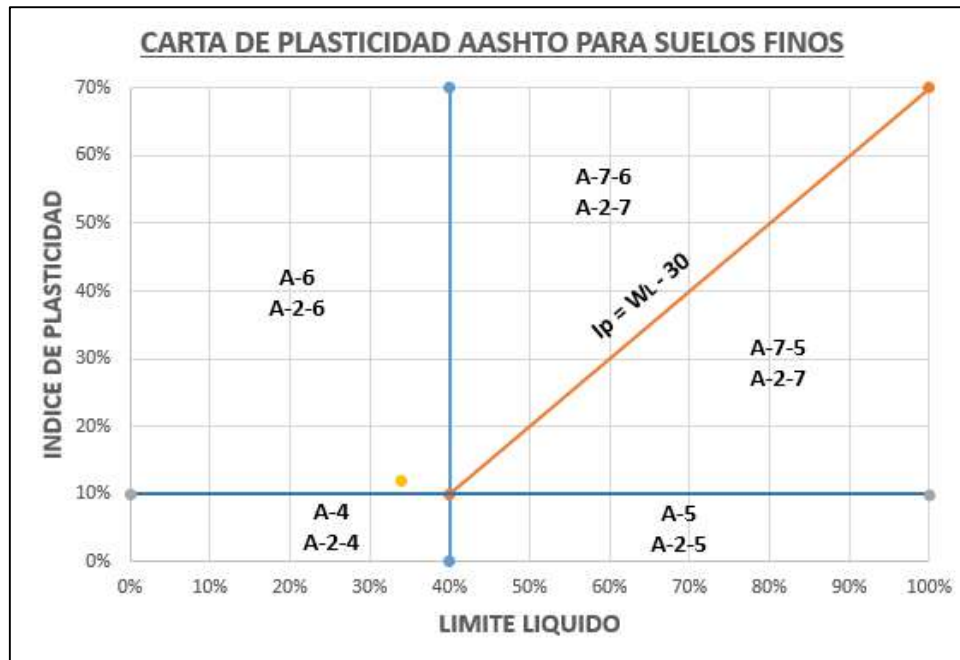


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

ENSAYO:



CALCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO

F = 64.00	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz N°200
W _L = 34.00	W _L = Límite Líquido
I _p = 12.00	I _p = Índice de plasticidad

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

a = F - 35	a = 29.00	IG = 5.91
b = F - 15	b = 49.00	
c = W _L - 40	c = -6.00	
d = I _p - 10	d = 2.00	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	COMPRESIÓN
MATERIAL:	MUESTRA PRELIMINAR DE CUBOS DE BARRO
ELEMENTO (S):	CUBOS, LARGO = 9.07 cm, ANCHO = 9.08 cm, ALTURA = 9.07 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	375 Kg/min
MÁQUINA DE ENSAYO:	PRENSA ELE INTERNATIONAL

ENSAYO PRELIMINAR DE COMPRESIÓN EN CUBOS DE BARRO

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Masa (gr)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo (kg/cm ²)
			Moldeo	Ensayo						
01		1P	25/07/2023	08/08/2023	90.00	90.00	92.00	1437.26	1900.00	23.46
02		2P	25/07/2023	08/08/2023	90.00	91.00	89.00	1423.94	2050.00	25.03
03		3P	25/07/2023	08/08/2023	93.00	90.00	90.00	1427.26	2010.00	24.01
04	Cubos de barro con 0.9% de paja	4P	25/07/2023	08/08/2023	91.00	90.00	93.00	1425.53	1780.00	21.73
05		5P	25/07/2023	08/08/2023	91.00	91.00	90.00	1467.58	1890.00	22.82
06		6P	25/07/2023	08/08/2023	92.00	92.00	91.00	1440.48	1740.00	20.56
07		7P	25/07/2023	08/08/2023	91.00	91.00	92.00	1412.11	2010.00	24.27
08		8P	25/07/2023	08/08/2023	90.00	92.00	90.00	1438.53	2030.00	24.52
09		1R8	25/07/2023	08/08/2023	91.00	91.00	91.00	1382.85	1570.00	18.96
10		2R8	25/07/2023	08/08/2023	89.00	92.00	93.00	1354.69	1590.00	19.42
11	Cubos de barro con 0.8% de fibra de retama	3R8	25/07/2023	08/08/2023	92.00	91.00	90.00	1413.17	1810.00	21.62
12		4R8	25/07/2023	08/08/2023	92.00	91.00	90.00	1386.46	1300.00	15.53
13		5R8	25/07/2023	08/08/2023	90.00	90.00	91.00	1409.50	1590.00	19.63
14		6R8	25/07/2023	08/08/2023	90.00	90.00	91.00	1367.27	1540.00	19.01
15		7R8	25/07/2023	08/08/2023	90.00	92.00	90.00	1373.52	1570.00	18.96
16		8R8	25/07/2023	08/08/2023	91.00	90.00	91.00	1404.12	1510.00	18.44
17		1R9	25/07/2023	08/08/2023	90.00	91.00	90.00	1412.87	2730.00	33.33
18		2R9	25/07/2023	08/08/2023	92.00	90.00	91.00	1444.10	2160.00	26.09
19	Cubos de barro con 0.9% de fibra de retama	3R9	25/07/2023	08/08/2023	90.00	91.00	90.00	1394.00	2330.00	28.45
20		4R9	25/07/2023	08/08/2023	90.00	90.00	91.00	1420.68	2490.00	30.74
21		5R9	25/07/2023	08/08/2023	90.00	92.00	89.00	1458.66	2260.00	27.29
22		6R9	25/07/2023	08/08/2023	90.00	90.00	91.00	1402.02	2380.00	29.38
23		7R9	25/07/2023	08/08/2023	90.00	91.00	91.00	1425.05	2510.00	30.65
24		8R9	25/07/2023	08/08/2023	91.00	91.00	90.00	1392.95	2650.00	32.00



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	COMPRESIÓN
MATERIAL:	UNIDADES DE ADOBE
ELEMENTO (S):	LARGO = 24.3 cm, ANCHO = 12.1 cm, ALTURA = 8.6 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	375 Kg/min
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA UNIVERSAL INSTROM

ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOBE

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Masa (gr)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo (kg/cm ²)
			Moldeo	Ensayo						
01	Unidades de adobe con 0.75% de paja	M1P	22/08/2023	25/09/2023	247.5	123.0	87.0	4748.47	943.47	8.82
02		M2P	22/08/2023	25/09/2023	248.8	123.0	85.3	4708.79	1064.13	10.15
03		M3P	22/08/2023	25/09/2023	247.3	122.8	84.8	4737.47	982.03	9.44
04		M4P	22/08/2023	25/09/2023	249.3	121.8	90.0	4817.00	873.16	7.97
05		M5P	22/08/2023	25/09/2023	247.3	120.3	84.5	4625.74	897.20	8.83
06		M6P	22/08/2023	25/09/2023	246.3	122.0	87.8	4574.48	890.85	8.32
07	Unidades de adobe con 0.50% de fibra de retama	M1R5	09/08/2023	25/09/2023	239.8	118.3	85.3	4815.20	2129.61	21.13
08		M2R5	09/08/2023	25/09/2023	238.5	120.0	85.8	4571.83	1246.92	12.12
09		M3R5	09/08/2023	25/09/2023	238.0	119.8	82.8	4420.44	1578.50	15.93
10		M4R5	09/08/2023	25/09/2023	242.3	122.0	84.3	4522.65	1070.93	10.42
11		M5R5	09/08/2023	25/09/2023	239.0	121.3	84.5	4513.62	1375.74	13.43
12		M6R5	09/08/2023	25/09/2023	239.8	120.8	86.8	4553.56	1114.93	10.64
13	Unidades de adobe con 0.75% de fibra de retama	M1R75	12/08/2023	25/09/2023	240.8	119.0	83.8	4669.83	1836.59	18.43
14		M2R75	12/08/2023	25/09/2023	242.8	121.5	86.3	4838.48	1605.26	15.32
15		M3R75	12/08/2023	25/09/2023	239.5	119.8	86.3	4706.80	1805.75	17.48
16		M4R75	12/08/2023	25/09/2023	242.8	121.5	84.5	4736.61	1937.29	18.87
17		M5R75	12/08/2023	25/09/2023	240.3	119.0	87.8	4624.67	1639.28	15.70
18		M6R75	12/08/2023	25/09/2023	243.0	120.8	84.0	4781.83	1925.95	18.99
19	Unidades de adobe con 1.00% de fibra de retama	M1R1	19/08/2023	25/09/2023	242.0	121.0	83.0	4621.47	1937.29	19.29
20		M2R1	19/08/2023	25/09/2023	243.5	120.0	85.5	4513.64	1293.64	12.61
21		M3R1	19/08/2023	29/09/2023	242.3	120.5	86.0	4474.52	1365.77	13.18
22		M4R1	19/08/2023	29/09/2023	243.3	119.5	85.5	4534.68	1197.94	11.72
23		M5R1	19/08/2023	29/09/2023	243.8	120.5	84.8	4699.20	1857.91	18.19
24		M6R1	19/08/2023	29/09/2023	242.5	119.3	87.0	4665.27	1387.54	13.37



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	FLEXIÓN EN TRES PUNTOS
MATERIAL:	UNIDADES DE ADOBE
ELEMENTO (S):	LARGO = 24.6 cm, ANCHO = 12.2 cm, ALTURA = 8.6 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	50 Kg/min
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA UNIVERSAL INSTROM

Longitud entre apoyos (mm) = 220

FLEXIÓN EN TRES PUNTOS DE UNIDADES DE ADOBE

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Masa (gr)	Carga máxima (kg)	Resistencia a flexión ft (kg/cm ²)
			Moldeo	Ensayo						
01	Unidades de adobe con 0.75% de paja	M1PF	22/08/2023	06/10/2023	251.3	122.8	88.8	4586.64	51.71	1.76
02		M2PF	22/08/2023	06/10/2023	251.3	123.0	86.8	4660.85	82.10	2.93
03		M3PF	22/08/2023	06/10/2023	251.5	121.8	87.0	4714.93	40.82	1.46
04		M4PF	22/08/2023	06/10/2023	255.0	124.0	88.3	4639.87	141.97	4.85
05		M5PF	22/08/2023	06/10/2023	250.3	123.0	88.0	4660.35	111.13	3.85
06		M6PF	22/08/2023	06/10/2023	252.8	124.3	87.5	4664.63	92.99	3.23
07	Unidades de adobe con 0.50% de fibra de retama	M1R5F	09/08/2023	06/10/2023	241.5	120.0	85.3	4785.86	278.05	10.52
08		M2R5F	09/08/2023	06/10/2023	243.3	121.5	82.0	4566.26	199.13	8.04
09		M3R5F	09/08/2023	11/10/2023	244.8	122.0	89.3	5101.67	193.68	6.58
10		M4R5F	09/08/2023	11/10/2023	242.5	119.8	85.5	4665.56	114.76	4.33
11		M5R5F	09/08/2023	11/10/2023	241.8	120.0	86.0	4816.00	207.29	7.71
12		M6R5F	09/08/2023	11/10/2023	242.3	119.8	84.0	4741.29	142.88	5.58
13	Unidades de adobe con 0.75% de fibra de retama	M1R75F	12/08/2023	11/10/2023	244.8	121.0	85.8	4784.90	111.13	4.12
14		M2R75F	12/08/2023	11/10/2023	243.3	122.3	83.8	4647.37	166.01	6.39
15		M3R75F	12/08/2023	11/10/2023	242.3	120.8	83.5	4564.95	167.38	6.56
16		M4R75F	12/08/2023	11/10/2023	245.3	122.0	85.8	4849.63	203.21	7.48
17		M5R75F	12/08/2023	13/10/2023	243.5	120.5	84.5	4663.46	158.30	6.07
18		M6R75F	12/08/2023	13/10/2023	243.8	119.3	88.5	4788.70	166.01	5.87
19	Unidades de adobe con 1.00% de fibra de retama	M1R1F	19/08/2023	13/10/2023	248.0	122.5	82.0	4650.15	204.12	8.18
20		M2R1F	19/08/2023	13/10/2023	247.3	120.5	84.0	4561.68	159.66	6.20
21		M3R1F	19/08/2023	13/10/2023	246.0	121.3	84.0	4519.64	137.89	5.32
22		M4R1F	19/08/2023	13/10/2023	247.8	121.0	88.0	4714.48	186.43	6.57
23		M5R1F	19/08/2023	13/10/2023	246.8	121.0	83.0	4644.85	135.17	5.35
24		M6R1F	19/08/2023	13/10/2023	246.0	121.3	84.0	4695.41	168.74	6.51



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	COMPRESIÓN
MATERIAL:	CUBOS DE ADOBE
ELEMENTO (S):	LARGO = 9.2 cm, ANCHO = 9.2 cm, ALTURA = 8.7 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	375 Kg/min
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA UNIVERSAL INSTROM

ENSAYO DE COMPRESION DE CUBOS DE ADOBE

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Masa (gr)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo (kg/cm2)
			Moldeo	Ensayo						
01	Cubos de adobe con 0.75% de paja	M1PC	22/08/2023	29/09/2023	95.5	94.0	82.5	1350.97	2018.48	22.49
02		M2PC	22/08/2023	29/09/2023	94.5	94.5	82.0	1344.39	1676.48	18.77
03		M3PC	22/08/2023	29/09/2023	94.5	94.0	85.3	1392.08	1872.43	21.08
04		M4PC	22/08/2023	29/09/2023	93.5	92.5	86.0	1363.78	1558.09	18.02
05		M5PC	22/08/2023	29/09/2023	93.5	94.0	86.0	1416.84	1606.62	18.28
06		M6PC	22/08/2023	29/09/2023	94.5	95.0	88.5	1467.90	1865.62	20.78
07	Cubos de adobe con 0.50% de fibra de retama	M1R5C	09/08/2023	02/10/2023	92.0	92.5	87.0	1416.27	1769.46	20.79
08		M2R5C	09/08/2023	02/10/2023	91.5	92.0	84.0	1371.51	1214.72	14.43
09		M3R5C	09/08/2023	02/10/2023	91.5	91.5	88.0	1427.53	1671.94	19.97
10		M4R5C	09/08/2023	02/10/2023	91.0	92.5	87.0	1344.86	1340.36	15.92
11		M5R5C	09/08/2023	02/10/2023	91.0	91.5	86.0	1373.99	1588.93	19.08
12		M6R5C	09/08/2023	02/10/2023	90.5	91.5	86.0	1386.89	1716.85	20.73
13	Cubos de adobe con 0.75% de fibra de retama	M1R75C	12/08/2023	17/10/2023	91.0	91.0	88.0	1401.65	1832.97	22.13
14		M2R75C	12/08/2023	17/10/2023	90.0	91.0	87.0	1346.30	2027.10	24.75
15		M3R75C	12/08/2023	17/10/2023	91.0	91.5	88.0	1392.09	1617.06	19.42
16		M4R75C	12/08/2023	17/10/2023	91.5	91.5	87.0	1368.84	1888.30	22.55
17		M5R75C	12/08/2023	17/10/2023	91.5	91.0	88.0	1378.03	1628.85	19.56
18		M6R75C	12/08/2023	17/10/2023	92.5	93.0	89.0	1372.37	1477.35	17.17
19	Cubos de adobe con 1.00% de fibra de retama	M1R1C	19/08/2023	17/10/2023	93.0	92.5	90.0	1365.92	1443.78	16.78
20		M2R1C	19/08/2023	17/10/2023	93.5	92.5	90.0	1383.54	1726.37	19.96
21		M3R1C	19/08/2023	17/10/2023	92.0	91.5	89.0	1359.68	1949.54	23.16
22		M4R1C	19/08/2023	17/10/2023	91.0	91.5	88.0	1374.33	1388.90	16.68
23		M5R1C	19/08/2023	17/10/2023	91.5	91.0	90.0	1380.19	1666.95	20.02
24		M6R1C	19/08/2023	17/10/2023	92.5	92.0	90.0	1406.22	1390.26	16.34



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	TRACCIÓN
MATERIAL:	TESTIGOS CILINDRICOS DE BARRO
ELEMENTO (S):	DIÁMETRO = 14.05 cm, ALTURA = 27.48 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	0.01 Mpa/seg
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA UNIVERSAL INSTROM

ENSAYO DE TRACCIÓN EN TESTIGOS CILÍNDRICOS DE BARRO

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Diámetro (mm)	Altura (mm)	Masa (gr)	Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción St (kg/cm ²)
			Moldeo	Ensayo					
01	Testigos cilíndricos de barro con 0.75% de paja	M1PT	22/08/2023	16/10/2023	143.0	274.0	8100.00	1387.99	2.26
02		M2PT	22/08/2023	16/10/2023	141.0	274.0	7600.00	1676.48	2.76
03		M3PT	22/08/2023	16/10/2023	143.5	278.0	7950.00	1465.56	2.34
04		M4PT	22/08/2023	16/10/2023	140.5	273.0	8060.00	1220.16	2.03
05		M5PT	22/08/2023	17/11/2023	143.0	278.5	7750.00	1376.20	2.20
06		M6PT	22/08/2023	17/11/2023	142.0	279.0	7860.00	1525.88	2.45
07	Testigos cilíndricos de barro con 0.50% de fibra de retama	M1R5T	09/08/2023	16/10/2023	138.5	268.5	7900.00	1235.58	2.12
08		M2R5T	09/08/2023	16/10/2023	139.5	273.5	7700.00	1909.17	3.19
09		M3R5T	09/08/2023	16/10/2023	140.0	272.5	7850.00	1526.79	2.55
10		M4R5T	09/08/2023	16/10/2023	140.5	275.5	7760.00	2019.85	3.32
11		M5R5T	09/08/2023	17/11/2023	139.0	268.5	7910.00	1847.48	3.15
12		M6R5T	09/08/2023	17/11/2023	138.5	271.0	7860.00	1725.92	2.93
13	Testigos cilíndricos de barro con 0.75% de fibra de retama	M1R5T	12/08/2023	16/10/2023	142.0	278.5	7850.00	1630.66	2.63
14		M2R5T	12/08/2023	16/10/2023	139.5	277.5	7850.00	2006.24	3.30
15		M3R5T	12/08/2023	16/10/2023	140.5	275.0	7865.00	1608.44	2.65
16		M4R5T	12/08/2023	16/10/2023	140.0	271.5	7868.00	2106.93	3.53
17		M5R5T	12/08/2023	17/11/2023	138.0	272.5	7845.00	2087.88	3.53
18		M6R5T	12/08/2023	17/11/2023	138.5	275.5	7847.00	1365.77	2.28
19	Testigos cilíndricos de barro con 1.00% de fibra de retama	M1R5T	19/08/2023	16/10/2023	143.0	278.0	7500.00	2223.51	3.56
20		M2R5T	19/08/2023	16/10/2023	141.5	281.5	7450.00	1990.36	3.18
21		M3R5T	19/08/2023	16/10/2023	140.0	279.5	7555.00	2018.03	3.28
22		M4R5T	19/08/2023	16/10/2023	140.5	277.0	7490.00	2528.78	4.14
23		M5R5T	19/08/2023	17/11/2023	139.0	272.5	7475.00	1702.33	2.86
24		M6R5T	19/08/2023	17/11/2023	140.0	271.0	7560.00	1562.62	2.62



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	COMPRESIÓN
MATERIAL:	TESTIGOS CILINDRICOS DE MORTERO DE BARRO
ELEMENTO (S):	DIÁMETRO = 4.77 cm, ALTURA = 9.05 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	1.50 mm/min
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA UNIVERSAL INSTROM

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN TESTIGOS CILÍNDRICOS DE MORTERO DE BARRO

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Diámetro (mm)	Altura (mm)	Masa (gr)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo_mor (kg/cm2)
			Moldeo	Ensayo					
01	Testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.75% de paja	M1PM	15/09/2023	13/11/2023	47.0	90.5	267.70	147.87	8.52
02		M2PM	15/09/2023	13/11/2023	48.0	92.5	275.21	97.07	5.36
03		M3PM	15/09/2023	13/11/2023	47.5	90.5	270.83	124.28	7.01
04		M4PM	15/09/2023	13/11/2023	49.0	92.5	307.26	218.63	11.59
05		M5PM	15/09/2023	13/11/2023	48.0	89.5	272.56	155.13	8.57
06		M6PM	15/09/2023	13/11/2023	48.0	92.5	277.57	150.14	8.30
07	Testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.50% de fibra de retama	M1R5M	08/09/2023	13/11/2023	47.3	93.0	282.97	356.98	20.36
08		M2R5M	08/09/2023	13/11/2023	48.0	89.0	274.67	357.43	19.75
09		M3R5M	08/09/2023	13/11/2023	47.5	89.0	308.80	113.40	6.40
10		M4R5M	08/09/2023	13/11/2023	48.0	89.5	314.08	158.76	8.77
11		M5R5M	08/09/2023	13/11/2023	48.5	92.0	314.29	338.38	18.32
12		M6R5M	08/09/2023	13/11/2023	46.0	89.5	295.05	351.53	21.15
13	Testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.75% de fibra de retama	M1R75M	11/09/2023	13/11/2023	47.0	89.5	283.53	394.17	22.72
14		M2R75M	11/09/2023	13/11/2023	48.5	92.0	320.25	513.92	27.82
15		M3R75M	11/09/2023	13/11/2023	47.3	90.5	292.05	422.29	24.08
16		M4R75M	11/09/2023	13/11/2023	46.0	89.3	292.90	358.34	21.56
17		M5R75M	11/09/2023	13/11/2023	48.5	90.5	290.91	397.35	21.51
18		M6R75M	11/09/2023	13/11/2023	47.5	88.0	283.87	763.85	43.11
19	Testigos cilíndricos de mortero de barro con 1.00% de fibra de retama	M1R1M	13/09/2023	13/11/2023	47.3	90.5	282.64	504.39	28.77
20		M2R1M	13/09/2023	13/11/2023	47.0	91.0	290.14	544.31	31.37
21		M3R1M	13/09/2023	13/11/2023	48.0	89.5	288.06	511.20	28.25
22		M4R1M	13/09/2023	13/11/2023	48.0	90.3	291.19	608.27	33.61
23		M5R1M	13/09/2023	13/11/2023	47.5	89.5	290.65	667.23	37.65
24		M6R1M	13/09/2023	13/11/2023	48.5	91.0	314.55	590.58	31.97



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	ADHERENCIA DEL MORTERO
MATERIAL:	PIEZAS DE TRES UNIDADES DE ADOBE
ELEMENTO (S):	LARGO = 25.05 cm, ANCHO = 12.41 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	0.75 mm/min
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA UNIVERSAL INSTROM

ENSAYO DE ADHERENCIA DE MORTERO DE BARRO

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fo_A (kg/cm ²)
			Moldeo	Ensayo				
01	Mortero de barro con 0.75% de paja	M1PA	05/09/2023	18/10/2023	252.0	123.0	222.26	0.54
02		M2PA	05/09/2023	18/10/2023	249.5	124.0	127.46	0.31
03		M3PA	05/09/2023	18/10/2023	250.5	126.0	209.11	0.50
04		M4PA	05/09/2023	18/10/2023	249.5	124.5	61.23	0.15
05		M5PA	05/09/2023	18/10/2023	252.0	123.0	171.91	0.42
06		M6PA	05/09/2023	03/11/2023	249.5	124.0	314.34	0.76
07	Mortero de barro con 0.50% de fibra de retama	M1R5A	05/09/2023	18/10/2023	252.0	123.0	136.98	0.33
08		M2R5A	05/09/2023	18/10/2023	249.5	124.0	151.95	0.37
09		M3R5A	05/09/2023	03/11/2023	250.5	126.0	201.85	0.48
10		M4R5A	05/09/2023	03/11/2023	249.5	124.5	144.24	0.35
11		M5R5A	05/09/2023	03/11/2023	252.0	123.0	240.86	0.58
12		M6R5A	05/09/2023	03/11/2023	249.5	124.0	143.34	0.35
13	Mortero de barro con 0.75% de fibra de retama	M1R75A	06/09/2023	03/11/2023	252.0	123.0	154.22	0.37
14		M2R75A	06/09/2023	06/11/2023	249.5	124.0	74.84	0.18
15		M3R75A	06/09/2023	06/11/2023	250.5	126.0	198.67	0.47
16		M4R75A	06/09/2023	06/11/2023	249.5	124.5	203.21	0.49
17		M5R75A	06/09/2023	06/11/2023	252.0	123.0	185.97	0.45
18		M6R75A	06/09/2023	06/11/2023	249.5	124.0	163.75	0.40
19	Mortero de barro con 1.00% de fibra de retama	M1R1A	06/09/2023	06/11/2023	252.0	123.0	252.65	0.61
20		M2R1A	06/09/2023	06/11/2023	249.5	124.0	298.01	0.72
21		M3R1A	06/09/2023	06/11/2023	250.5	126.0	256.28	0.61
22		M4R1A	06/09/2023	06/11/2023	249.5	124.5	0.00	0.00
23		M5R1A	06/09/2023	13/11/2023	252.0	123.0	269.43	0.65
24		M6R1A	06/09/2023	13/11/2023	249.5	124.0	151.50	0.37



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	TRACCIÓN DEL MORTERO
MATERIAL:	PIEZAS DE DOS UNIDADES DE ADOBE
ELEMENTO (S):	LARGO = 24.73 cm, ANCHO = 12.39 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	0.45 mm/min
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA UNIVERSAL INSTROM

ENSAYO DE TRACCIÓN DE MORTERO DE BARRO

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kg)	Resistencia a tracción ft_mor (kg/cm ²)
			Moldeo	Ensayo				
01	Probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro con 0.75% en peso de paja	M1P-S	08/11/2023	05/12/2023	252.0	122.0	222.26	0.36
02		M2P-S	08/11/2023	05/12/2023	255.5	129.5	219.08	0.33
03		M3P-S	08/11/2023	06/12/2023	251.5	126.0	185.97	0.29
04		M4P-S	08/11/2023	06/12/2023	243.0	122.5	96.16	0.16
05		M5P-S	08/11/2023	06/12/2023	252.5	124.0	162.39	0.26
06		M6P-S	08/11/2023	14/12/2023	247.5	126.5	85.73	0.14
07	Probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama.	M1R5-S	08/11/2023	06/12/2023	241.5	122.0	84.37	0.14
08		M2R5-S	08/11/2023	06/12/2023	250.5	123.0	115.21	0.19
09		M3R5-S	08/11/2023	06/12/2023	249.5	123.0	122.02	0.20
10		M4R5-S	08/11/2023	06/12/2023	247.5	125.5	106.59	0.17
11		M5R5-S	08/11/2023	14/12/2023	245.5	123.0	74.39	0.12
12		M6R5-S	08/11/2023	14/12/2023	244.0	124.5	106.14	0.17
13	Probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama.	M1R75-S	09/11/2023	06/12/2023	255.0	124.5	151.05	0.24
14		M2R75-S	09/11/2023	06/12/2023	243.5	121.0	111.58	0.19
15		M3R75-S	09/11/2023	06/12/2023	241.5	123.0	69.40	0.12
16		M4R75-S	09/11/2023	06/12/2023	244.0	122.0	172.82	0.29
17		M5R75-S	09/11/2023	14/12/2023	246.5	122.5	139.25	0.23
18		M6R75-S	09/11/2023	14/12/2023	246.5	125.5	89.36	0.14
19	Probetas de dos piezas de adobe con mortero de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama.	M1R1-S	09/11/2023	11/12/2023	243.0	125.0	188.69	0.31
20		M2R1-S	09/11/2023	11/12/2023	247.5	124.5	248.11	0.40
21		M3R1-S	09/11/2023	11/12/2023	244.0	123.5	75.30	0.12
22		M4R1-S	09/11/2023	11/12/2023	248.0	123.0	192.78	0.32
23		M5R1-S	09/11/2023	11/12/2023	250.0	126.0	91.17	0.14
24		M6R1-S	09/11/2023	11/12/2023	244.0	122.5	248.57	0.42



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	COMPRESIÓN
MATERIAL:	PILAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE
ELEMENTO (S):	LARGO = 24.54 cm, ANCHO = 12.04 cm, ALTURA = 38.45 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	35 Kg/seg
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA UNIVERSAL INSTROM

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Masa (Kg)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión fm (kg/cm ²)
			Moldeo	Ensayo						
01	Pilas de adobe con 0.75% de paja	M1PP	15/09/2023	22/11/2023	250.5	124.5	385.5	21.40	5038.05	16.15
02		M2PP	15/09/2023	22/11/2023	250.0	124.5	386.8	21.50	4691.50	15.07
03		M3PP	15/09/2023	22/11/2023	251.0	120.0	384.8	21.70	4384.42	14.56
04		M4PP	15/09/2023	22/11/2023	251.0	120.0	383.0	21.90	4752.74	15.78
05		M5PP	15/09/2023	22/11/2023	250.0	119.0	384.0	21.80	4928.28	16.57
06		M6PP	15/09/2023	27/11/2023	249.0	119.0	386.3	21.90	3890.00	13.13
07	Pilas de adobe con 0.50% de fibra de retama	M1R5P	07/09/2023	27/11/2023	244.0	119.0	382.5	21.40	7565.46	26.06
08		M2R5P	07/09/2023	27/11/2023	245.0	122.0	384.8	21.40	6685.95	22.37
09		M3R5P	07/09/2023	27/11/2023	243.0	121.0	387.3	21.90	9871.98	33.57
10		M4R5P	07/09/2023	27/11/2023	241.0	120.0	385.8	21.60	9407.50	32.53
11		M5R5P	07/09/2023	27/11/2023	244.0	120.0	384.8	21.50	8583.32	29.31
12		M6R5P	07/09/2023	27/11/2023	239.0	118.0	384.8	21.40	8244.03	29.23
13	Pilas de adobe con 0.75% de fibra de retama	M1R75P	09/09/2023	27/11/2023	241.0	120.0	384.3	21.60	9796.23	33.87
14		M2R75P	09/09/2023	27/11/2023	243.0	119.0	384.0	21.70	9469.64	32.75
15		M3R75P	09/09/2023	27/11/2023	244.0	121.0	383.5	21.70	9030.56	30.59
16		M4R75P	09/09/2023	29/11/2023	244.0	121.0	385.8	21.70	7458.87	25.26
17		M5R75P	09/09/2023	29/11/2023	243.0	120.0	383.0	21.90	9640.64	33.06
18		M6R75P	09/09/2023	29/11/2023	246.0	120.0	384.8	21.70	8394.17	28.44
19	Pilas de adobe con 1.00% de fibra de retama	M1R1P	13/09/2023	29/11/2023	247.0	119.0	384.0	21.50	6285.42	21.38
20		M2R1P	13/09/2023	29/11/2023	242.0	120.0	382.8	21.30	7008.90	24.14
21		M3R1P	13/09/2023	29/11/2023	248.0	120.0	383.3	21.60	7373.14	24.78
22		M4R1P	13/09/2023	29/11/2023	246.0	121.0	385.3	21.40	7285.14	24.47
23		M5R1P	13/09/2023	29/11/2023	245.0	121.0	383.5	21.30	7369.96	24.86
24		M6R1P	13/09/2023	29/11/2023	244.0	120.0	383.5	21.10	6361.63	21.73



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA:	BACH. RAMOS SILVA EMER WILFREDO
ENSAYO:	COMPRESIÓN
MATERIAL:	MURETES DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE
ELEMENTO (S):	LARGO = 51.09 cm, ANCHO = 12.08 cm, ALTURA = 50.46 cm
VELOCIDAD DE ENSAYO:	45 Kg/seg
MÁQUINA DE ENSAYO:	MÁQUINA DE COMPRESIÓN DIAGONAL

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE

N°	Tipo de muestra	Identificación de la muestra	Fecha		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Masa (Kg)	Carga máxima (kg)	Resistencia a compresión Vm (kg/cm ²)
			Moldeo	Ensayo						
01	Muretes de mampostería de adobe con 0.75% de paja	M1P-MU	14/09/2023	26/10/2023	524.0	120.5	512.3	58.70	1130.26	0.91
02		M2P-MU	14/09/2023	26/10/2023	519.7	122.0	511.3	59.60	750.11	0.60
03		M3P-MU	14/09/2023	30/10/2023	521.0	124.0	512.8	59.80	732.26	0.57
04		M4P-MU	14/09/2023	30/10/2023	520.7	121.5	515.5	59.50	1138.83	0.90
05		M5P-MU	14/09/2023	30/10/2023	521.7	121.0	513.5	59.70	1217.47	0.97
06		M6P-MU	14/09/2023	30/10/2023	523.3	123.5	511.8	59.60	951.76	0.74
07	Muretes de mampostería de adobe con 0.50% de fibra de retama	M1R5-MU	08/09/2023	30/10/2023	508.0	119.5	502.0	59.30	1229.20	1.02
08		M2R5-MU	08/09/2023	30/10/2023	507.7	119.5	500.5	58.90	373.01	0.31
09		M3R5-MU	08/09/2023	30/10/2023	506.3	120.0	503.3	58.70	943.30	0.78
10		M4R5-MU	08/09/2023	30/10/2023	504.7	120.0	501.5	59.10	748.27	0.62
11		M5R5-MU	08/09/2023	30/10/2023	506.7	120.0	501.3	59.50	1242.97	1.03
12		M6R5-MU	08/09/2023	31/10/2023	507.3	120.5	504.3	59.20	1267.35	1.04
13	Muretes de mampostería de adobe con 0.75% de fibra de retama	M1R75-MU	11/09/2023	31/10/2023	507.0	121.0	501.8	59.60	1383.83	1.13
14		M2R75-MU	11/09/2023	31/10/2023	506.7	120.5	500.5	57.30	642.29	0.53
15		M3R75-MU	11/09/2023	31/10/2023	511.3	120.5	502.8	58.20	695.84	0.57
16		M4R75-MU	11/09/2023	31/10/2023	507.0	121.5	504.3	57.70	1329.16	1.08
17		M5R75-MU	11/09/2023	31/10/2023	506.7	120.0	501.0	57.60	1383.94	1.14
18		M6R75-MU	11/09/2023	31/10/2023	508.3	119.5	506.0	58.15	1040.20	0.86
19	Muretes de mampostería de adobe con 1.00% de fibra de retama	M1R1-MU	12/09/2023	31/10/2023	506.7	121.5	501.3	57.30	1173.82	0.96
20		M2R1-MU	12/09/2023	31/10/2023	505.0	119.5	502.5	55.90	1659.54	1.38
21		M3R1-MU	12/09/2023	31/10/2023	510.3	121.0	500.5	56.90	911.68	0.75
22		M4R1-MU	12/09/2023	31/10/2023	507.7	119.5	499.8	53.80	1679.74	1.40
23		M5R1-MU	12/09/2023	07/11/2023	506.3	121.5	501.3	56.80	698.39	0.57
24		M6R1-MU	12/09/2023	07/11/2023	508.0	120.5	498.8	56.30	1277.86	1.05



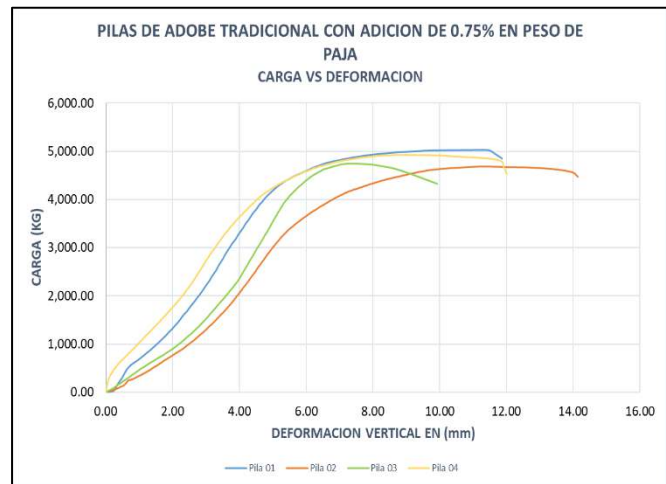
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

DEFORMACIÓN VERTICAL VS CARGA (PILAS DE ADOBE CON 0.75% DE PAJA)

M 1 - 5038.05 Kg		M 2 - 4691.05 Kg		M 3 - 4751.38 Kg		M 4 - 4928.28 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.21	15.88	0.02	1.81	0.01	1.81	0.38	586.49
0.27	58.97	0.14	22.23	0.02	5.90	0.69	810.12
0.32	123.38	2.32	907.64	0.45	186.88	0.71	824.18
0.37	182.80	2.35	922.15	0.47	198.22	0.90	950.28
0.42	226.34	2.38	936.21	0.49	210.01	0.92	963.88
0.70	531.16	2.40	949.82	0.51	222.26	0.93	977.94
0.77	575.15	2.42	963.88	0.99	458.13	0.95	992.01
1.44	936.67	2.87	1215.17	1.02	473.10	0.97	1006.07
1.50	982.03	3.64	1746.78	1.99	893.58	1.01	1034.19
1.58	1026.93	3.88	1956.80	2.02	907.64	1.15	1131.71
1.64	1071.84	3.90	1970.86	2.05	921.70	1.16	1145.77
1.71	1116.29	3.92	1984.92	2.07	935.76	1.31	1243.75
1.96	1295.91	4.17	2208.99	2.10	949.37	1.60	1453.76
2.02	1340.82	4.18	2223.05	2.13	962.52	1.62	1467.82
2.08	1386.18	4.30	2334.64	2.15	977.94	2.75	2448.04
3.28	2511.09	4.31	2349.15	2.18	991.55	2.76	2462.10
3.32	2555.99	4.85	2866.70	2.20	1006.07	2.77	2475.71
3.93	3230.94	5.24	3202.81	2.23	1019.67	2.78	2489.77
3.97	3275.84	5.25	3216.42	2.92	1467.37	3.93	3581.56
4.98	4175.31	6.04	3678.63	3.66	2055.23	3.95	3595.62
5.05	4218.86	6.07	3692.69	3.99	2349.15	4.65	4071.44
6.58	4757.73	7.05	4098.20	4.00	2363.67	5.50	4434.77
6.81	4799.00	8.05	4349.49	4.01	2377.73	5.55	4448.38
7.08	4837.11	8.11	4363.56	4.02	2391.34	6.92	4781.31
8.85	4990.87	9.06	4529.57	4.99	3538.92	7.01	4794.47
9.72	5023.08	9.15	4544.08	5.01	3553.44	8.58	4921.93
11.06	5036.23	10.67	4672.45	5.82	4294.61	8.83	4928.28
11.20	5038.05	10.89	4681.52	6.51	4626.64	9.14	4925.56
11.48	5028.07	11.14	4689.23	6.55	4641.15	10.61	4889.27
		11.42	4691.05	7.44	4751.38	11.45	4851.62
		11.75	4685.61	8.66	4644.33	12.01	4533.65
		13.98	4573.11	9.92	4330.90		
		14.147	4476.95				



Especimen	D. Máximo (mm)	D(20%)	D(50%)
M - 01	11.20	1.55	3.29
M - 02	11.42	2.38	4.31
M - 03	7.44	2.10	4.01
M - 04	8.83	0.94	2.76



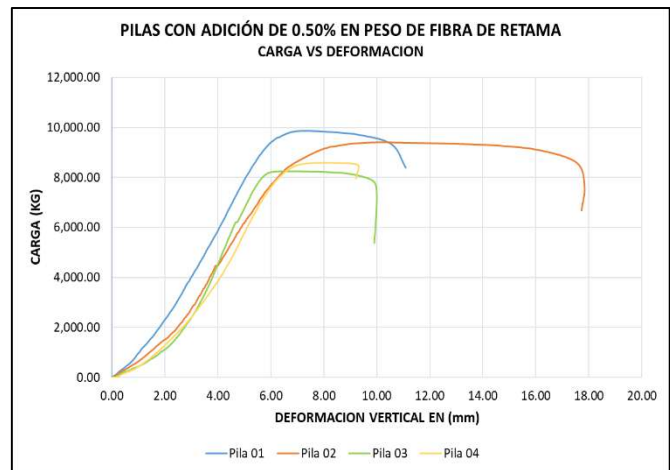
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

DEFORMACIÓN VERTICAL VS CARGA (PILAS DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE RETAMA)

M1 - 9871.52 Kg		M2 - 9407.04 Kg		M3 - 8244.03 Kg		M3 - 8583.32 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0	1.36	0.004	1.81	0.03	7.71	0.196	26.31
0.003	19.05	0.054	31.75	0.229	87.09	0.385	134.72
0.015	32.21	0.078	48.08	0.443	209.11	0.612	237.23
0.709	611.44	0.364	247.66	0.716	323.86	1.084	499.86
0.808	723.03	0.681	444.07	1.049	478.09	1.641	954.36
0.992	975.22	1.252	862.73	1.609	827.81	2.003	1304.08
1.004	988.83	1.759	1324.49	2.012	1135.79	2.17	1479.16
1.764	1969.04	1.772	1338.10	2.206	1318.14	2.392	1706.87
1.775	1983.10	2.35	1856.55	2.477	1639.74	2.41	1724.10
1.786	1996.71	2.359	1870.61	2.489	1653.80	2.77	2126.89
1.796	2010.77	2.377	1884.67	2.568	1765.83	3.007	2424.45
2.55	3215.06	2.388	1898.74	2.669	1919.60	3.223	2721.55
2.561	3228.67	2.441	1968.59	2.679	1933.66	3.494	3106.65
2.568	3242.73	2.45	1982.65	2.822	2143.68	4.001	3859.16
2.999	4040.60	2.984	2738.33	2.83	2157.28	4.097	4017.01
3.01	4054.66	2.992	2752.40	3.017	2423.09	4.247	4279.19
3.484	4908.77	3.745	4124.51	3.302	2941.54	4.256	4296.88
3.49	4922.83	3.75	4138.57	3.308	2955.61	4.32	4419.35
3.497	4936.90	4.118	4684.24	3.606	3571.58	4.755	5276.64
3.505	4950.96	4.131	4698.31	3.838	4117.71	5.006	5801.90
3.723	5356.92	4.136	4712.37	3.844	4131.32	5.315	6431.48
4.821	7569.09	4.326	5034.42	3.926	4341.78	5.72	7183.54
4.829	7583.15	4.998	6196.07	3.932	4355.84	6.003	7621.25
5.715	9080.91	5.002	6210.13	3.937	4369.45	6.46	8146.51
6.215	9583.95	6.951	8618.25	3.994	4523.67	7.687	8577.88
6.232	9598.01	7.948	9135.34	4.82	6385.21	7.959	8583.32
7.122	9868.35	8.837	9325.85	5	6763.06	8.435	8577.88
7.279	9871.52	9.727	9397.97	5.485	7729.66	9.204	7947.39
8.197	9831.15	10.008	9405.23	6.269	8236.32		
11.093	8406.87	10.37	9407.04	6.594	8244.03		
		11.502	9380.74	7.339	8235.42		
		12.939	9346.72	8.081	8217.27		
		17.714	6680.96	9.912	5376.43		



Especimen	D. Máximo (mm)	D(20%)	D(50%)
M - 01	7.28	1.77	3.50
M - 02	10.37	2.37	4.13
M - 03	6.59	2.48	3.84
M - 04	7.96	2.40	4.25



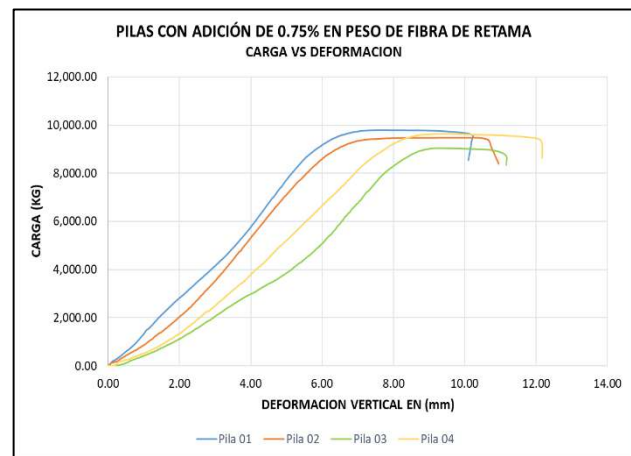
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

DEFORMACIÓN VERTICAL VS CARGA (PILAS DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE RETAMA)

M1 - 9796.23 Kg		M2 - 9469.64 Kg		M3 - 9030.56 Kg		M4 - 9640.19 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.001	2.72	0	5.90	0.074	2.27	0.046	3.18
0.104	180.08	0.001	13.15	0.459	104.78	0.23	84.37
0.212	273.52	0.013	26.76	0.751	290.30	0.718	381.02
0.307	374.21	0.015	45.81	1.005	430.91	1.245	694.90
0.402	485.80	0.248	198.67	1.411	693.09	2.008	1359.42
0.505	611.44	0.438	381.92	2.008	1130.35	2.485	1919.15
0.603	723.03	0.85	745.71	2.291	1375.29	2.496	1936.84
0.708	862.73	1.402	1340.82	2.722	1795.32	2.513	1954.07
0.802	1002.89	1.878	1883.31	2.74	1813.01	3.007	2514.26
0.902	1171.17	1.893	1900.55	2.759	1830.24	3.436	3073.99
1.004	1353.06	1.905	1918.24	2.777	1847.93	4.004	3808.81
1.381	1954.53	2.006	2057.95	2.899	1952.71	4.194	4071.44
1.393	1968.59	2.115	2180.42	2.993	2057.95	4.702	4806.71
1.44	2038.44	2.552	2828.15	3.009	2075.18	4.715	4823.95
1.594	2262.52	3.003	3545.28	3.441	2495.21	5.012	5226.74
2.008	2836.76	3.273	4000.23	4.023	3002.33	5.494	5926.63
2.232	3130.69	3.664	4718.26	4.228	3177.41	6.014	6679.14
2.619	3648.69	3.667	4735.50	5.005	3860.07	6.545	7448.89
3.063	4250.61	3.804	4962.30	5.182	4052.84	7.009	8149.23
3.496	4895.16	4.001	5330.16	5.571	4507.34	7.618	8866.36
3.505	4908.77	4.636	6485.91	5.59	4524.58	8.01	9233.32
3.559	4992.69	5.002	7115.50	5.604	4542.72	8.182	9355.34
3.769	5356.47	6.004	8602.37	5.781	4770.43	9.124	9632.03
4.004	5776.95	7.042	9352.16	6.011	5084.77	9.376	9640.19
4.374	6504.51	8.311	9459.66	6.599	6081.76	9.776	9632.48
5.009	7736.92	9.32	9467.37	7.009	6763.51	12.175	8638.66
5.484	8562.46	10.324	9469.64	7.565	7710.16		
6.005	9178.89	10.95	8388.73	8.001	8286.67		
6.069	9234.23			8.05	8339.29		
7.039	9747.24			9.029	9009.24		
7.706	9796.23			9.237	9030.56		
8.093	9787.61			9.451	9026.93		
10.107	8537.51			11.169	8332.49		



Especimen	D. Máximo (mm)	D(20%)	D(50%)
M1P-P	7.71	1.39	3.50
M2P-P	10.32	1.89	3.67
M4P-P	9.24	2.73	5.58
M5P-P	9.38	2.49	4.71



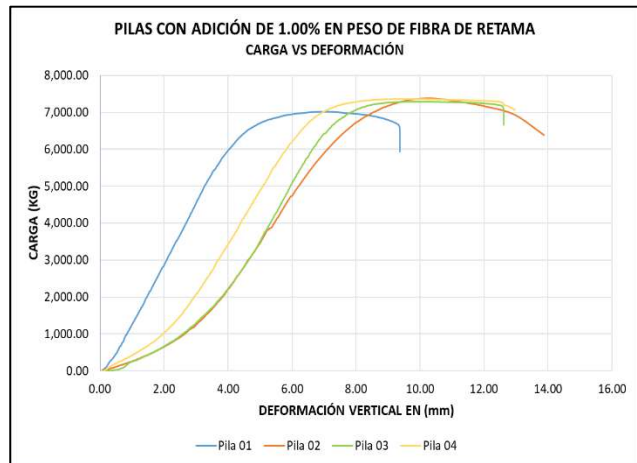
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

DEFORMACIÓN VERTICAL VS CARGA (PILAS DE ADOBE CON 1.00% DE FIBRA DE RETAMA)

M1 - 7008.45 Kg		M2 - 7371.78 Kg		M3 - 7284.23 Kg		M4 - 7368.60 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	2.72	0.021	1.36	0.161	2.27	0.113	6.35
0.276	218.18	0.053	3.63	0.253	6.80	0.144	15.88
0.531	500.31	0.104	10.43	0.36	15.42	0.176	32.66
0.845	1007.88	0.446	99.34	0.469	28.12	0.349	138.80
1.005	1270.06	1.053	280.32	0.571	44.00	0.686	278.05
1.085	1392.53	1.486	429.55	0.863	183.70	1.086	470.37
1.102	1410.22	2.006	657.25	1.218	322.50	1.602	750.24
1.178	1532.23	2.449	884.05	1.729	535.69	1.993	1030.11
1.242	1637.47	3.259	1461.02	2.705	1077.28	2.188	1187.05
1.609	2232.58	3.276	1479.16	3.167	1444.69	2.486	1466.92
2.003	2862.62	3.293	1496.40	3.186	1462.38	2.512	1484.61
2.14	3107.56	3.511	1688.72	3.209	1479.62	2.561	1537.22
2.366	3492.20	3.743	1915.97	3.452	1672.39	3.006	2079.72
2.38	3509.89	4.029	2231.22	4.01	2232.13	3.086	2167.26
2.63	3894.99	4.514	2843.57	4.118	2354.60	3.591	2849.46
3.004	4542.27	5.007	3473.61	4.621	2966.95	4.002	3426.89
3.488	5329.25	5.142	3683.62	5.007	3509.89	4.185	3671.83
4	5959.75	5.153	3700.86	5.079	3631.91	4.197	3689.52
4.258	6221.92	5.165	3718.55	5.087	3649.60	4.301	3846.91
5.017	6709.99	5.572	4173.50	5.257	3894.54	4.534	4214.32
5.335	6811.14	6.011	4750.92	5.696	4576.74	5.008	4896.98
6.115	6956.29	6.503	5363.27	6.006	5084.31	5.542	5649.49
7.152	7008.45	7.012	5906.22	6.174	5346.94	6.011	6209.22
7.74	6971.26	7.472	6325.79	6.594	5924.37	6.319	6541.25
8.152	6940.41	8.009	6727.68	7.002	6414.24	7.011	7029.77
9.367	5932.08	8.23	6850.15	7.34	6693.66	7.18	7099.17
		9.031	7180.36	8.036	7076.49	8.08	7297.39
		10.159	7370.42	8.375	7177.64	9.038	7361.80
		10.352	7371.78	9.063	7262.46	9.359	7368.60
		11.365	7262.01	10.012	7284.23	10.249	7357.26
		12.041	7153.60	11.958	7242.05	12.422	7297.39
		13.869	6378.86	12.623	6657.37	12.975	7067.87
				11.169	8332.49		



Especimen	D. Máximo (mm)	D(20%)	D(50%)
M - 01	7.15	1.09	2.38
M - 02	10.35	3.27	5.14
M - 03	10.01	3.18	5.08
M - 04	9.36	2.50	4.19



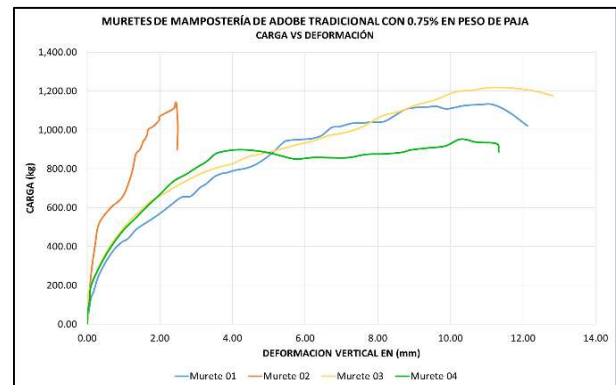
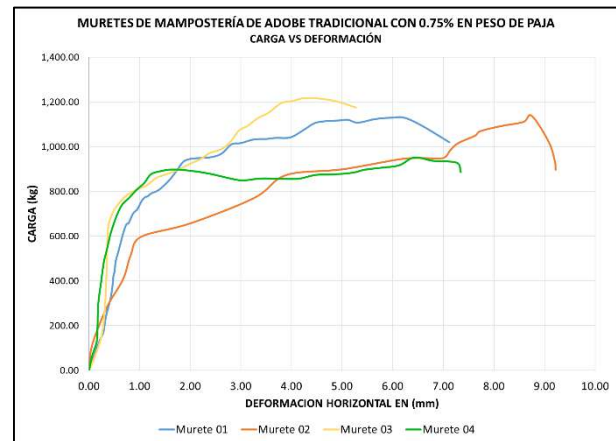
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

DEFORMACIÓN VS CARGA (MURETES DE ADOBE CON 0.75% DE PAJA)

M1 - 1130.26 Kg			M2 - 1138.83 Kg			M3 - 1217.47 Kg			M4 - 951.76 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.10	129.34	0.04	0.04	94.76	0.12	0.03	68.44	0.06	0.02	61.40
0.28	0.18	169.32	0.19	0.08	195.02	0.25	0.04	161.06	0.15	0.07	128.62
0.34	0.30	242.25	0.39	0.14	300.19	0.31	0.27	275.50	0.17	0.11	196.45
0.43	0.52	321.81	0.67	0.22	408.71	0.34	0.58	389.33	0.18	0.35	297.94
0.47	0.74	382.60	0.82	0.33	516.63	0.35	0.90	471.14	0.24	0.64	392.70
0.48	0.96	423.30	1.03	0.64	597.62	0.36	1.11	518.98	0.29	0.99	481.95
0.50	1.13	440.54	2.00	0.98	657.90	0.36	1.42	576.40	0.36	1.33	544.99
0.53	1.36	489.80	3.27	1.22	772.04	0.38	1.77	636.38	0.42	1.65	606.39
0.57	1.65	524.69	3.90	1.34	874.14	0.41	2.13	673.20	0.50	1.97	662.49
0.61	1.94	561.51	5.01	1.46	899.66	0.49	2.48	713.08	0.59	2.24	712.47
0.73	2.59	652.70	6.24	1.56	947.33	0.58	2.81	745.31	0.66	2.44	743.78
0.87	3.10	701.56	6.98	1.59	948.88	0.71	3.15	776.83	0.79	2.73	771.32
1.34	4.35	801.52	7.12	1.66	980.43	0.91	3.59	806.62	0.93	3.02	806.21
1.44	4.61	818.75	7.21	1.68	1002.48	1.13	4.01	826.61	1.09	3.29	837.52
1.58	4.88	849.56	7.32	1.83	1020.20	1.34	4.43	861.90	1.22	3.53	876.18
1.72	5.15	890.26	7.63	1.98	1050.45	1.57	4.89	880.06	1.39	3.78	889.64
1.85	5.37	929.73	7.72	2.00	1069.22	1.79	5.34	901.07	1.63	4.14	897.60
1.96	5.50	944.24	8.13	2.21	1092.06	2.00	5.80	924.73	1.94	4.56	894.03
2.18	5.83	950.25	8.58	2.39	1111.20	2.20	6.26	945.03	2.35	5.03	880.67
2.82	6.73	1011.43	8.75	2.45	1138.83	2.38	6.66	970.94	2.85	5.56	855.17
3.00	6.96	1016.84	9.08	2.50	1024.90	2.59	7.13	987.26	3.05	5.80	849.46
3.27	7.29	1033.57	9.20	2.49	938.71	2.77	7.58	1016.63	3.38	6.21	857.41
3.98	8.17	1042.44	9.22	2.48	897.40	2.95	8.11	1070.29	3.74	6.68	856.60
4.25	8.50	1077.22				3.13	8.57	1093.24	4.14	7.19	857.00
4.71	9.10	1115.47				3.33	9.06	1127.92	4.48	7.68	873.73
4.92	9.36	1117.57				3.55	9.56	1153.11	4.81	8.15	875.67
5.12	9.62	1120.69				3.79	10.14	1194.83	5.21	8.65	883.93
5.65	10.36	1124.04				4.01	10.61	1204.01	5.44	8.92	896.70
5.97	10.82	1130.26				4.25	11.10	1217.47	5.77	9.34	905.77
6.24	11.17	1129.96				4.58	11.72	1214.72	6.13	9.86	916.88
7.12	12.12	1020.41				4.93	12.29	1200.64	6.43	10.28	951.76
						5.27	12.82	1175.45	6.81	10.72	936.26
									7.35	11.33	886.58



Deformación Unitaria - Vertical (mm)				Deformación Unitaria - Horizontal (mm)			
Especimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)	Especimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)
M - 01	10.82	0.18	1.18	M - 01	5.97	0.28	0.51
M - 02	2.45	0.07	0.27	M - 02	8.75	0.15	0.74
M - 03	11.10	0.08	0.97	M - 03	4.25	0.26	0.35
M - 04	10.28	0.08	0.60	M - 04	6.78	0.15	0.23



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”



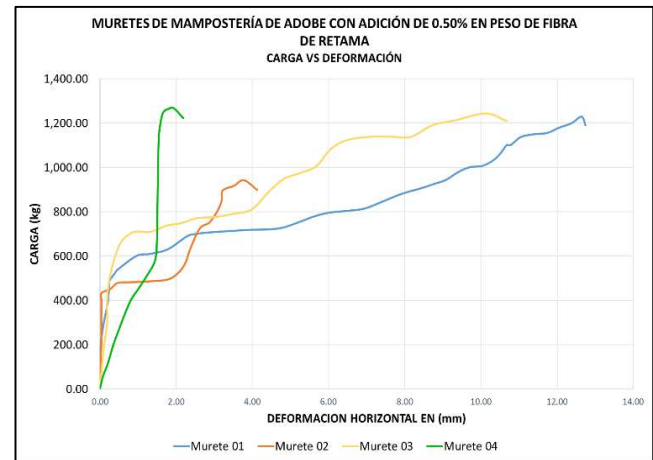
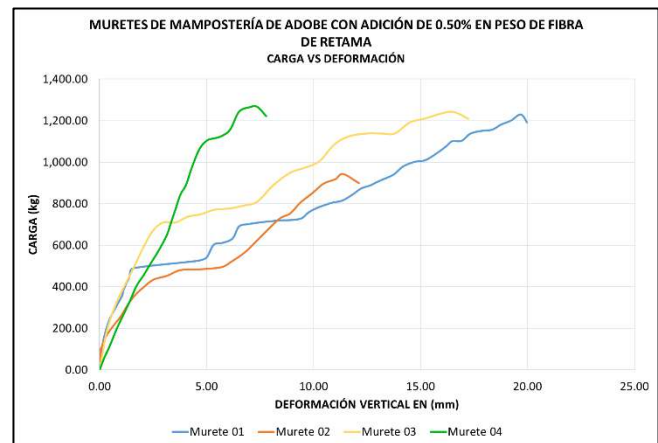
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

DEFORMACIÓN VS CARGA (MURETES DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE RETAMA)

M1 - 1229.20 Kg			M2 - 943.30 Kg			M3 - 1242.97 Kg			M4 - 1267.35 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.07	80.68	0.00	0.02	63.44	0.10	0.32	178.50	0.08	0.22	58.14
0.01	0.20	153.61	0.00	0.04	101.18	0.19	0.69	300.59	0.21	0.47	114.44
0.05	0.44	236.74	0.02	0.06	100.37	0.19	1.10	392.09	0.35	0.80	197.37
0.10	0.75	299.17	0.03	0.28	157.39	0.24	1.54	481.95	0.49	1.12	266.12
0.17	1.05	356.80	0.04	0.62	209.51	0.38	2.03	587.83	0.65	1.44	337.01
0.19	1.10	381.28	0.04	0.97	253.88	0.57	2.47	668.00	0.81	1.71	402.29
0.20	1.10	382.70	0.04	1.28	308.24	0.90	2.96	709.72	1.02	2.05	454.61
0.21	1.12	385.25	0.04	1.65	359.96	1.33	3.54	709.92	1.24	2.39	512.96
0.23	1.35	436.36	0.04	2.07	398.92	1.75	4.13	738.07	1.42	2.71	566.41
0.24	1.40	454.00	0.04	2.51	433.81	2.14	4.72	749.29	1.48	2.97	613.33
0.25	1.56	488.27	0.27	3.14	452.27	2.54	5.37	771.43	1.49	3.16	653.31
0.40	4.55	523.97	0.47	3.74	479.20	3.04	6.07	777.24	1.50	3.34	710.94
0.46	4.98	538.76	0.81	4.38	482.56	3.47	6.70	790.19	1.51	3.53	768.26
0.96	5.33	601.58	1.22	5.02	486.03	3.98	7.37	810.59	1.51	3.78	843.95
1.79	6.21	631.82	1.77	5.72	494.90	4.41	8.08	886.28	1.52	4.04	890.66
2.29	6.51	690.13	2.04	6.18	522.55	4.82	8.89	948.50	1.52	4.31	972.88
3.01	7.48	709.17	2.24	6.79	566.30	5.24	9.62	974.51	1.53	4.67	1064.37
4.79	9.42	728.48	2.38	7.48	636.17	5.68	10.29	1006.33	1.54	5.04	1105.99
5.29	9.76	757.55	2.62	8.37	725.12	6.06	10.94	1083.44	1.54	5.38	1115.47
5.61	10.16	778.97	2.88	8.90	752.76	6.48	11.61	1123.63	1.55	5.73	1127.30
6.50	10.88	804.78	3.09	9.38	805.09	7.11	12.45	1138.73	1.55	6.11	1158.21
6.93	11.33	814.27	3.20	9.94	851.09	7.67	13.17	1138.83	1.64	6.52	1243.18
7.36	11.80	842.01	3.23	10.46	896.58	8.17	13.80	1138.93	1.81	7.00	1265.11
7.79	12.22	872.51	3.52	11.01	918.10	8.74	14.50	1191.77	1.94	7.37	1267.35
8.04	12.64	887.50	3.78	11.37	943.30	9.31	15.24	1212.07	2.19	7.79	1222.27
9.70	14.71	1000.72	4.13	12.12	898.82	9.80	15.94	1234.61			
10.05	15.19	1008.07				10.21	16.54	1242.97			
10.67	16.47	1100.48				10.68	17.24	1209.92			
11.74	18.34	1155.86									
12.06	18.74	1179.63									
12.38	19.21	1199.62									
12.64	19.67	1229.20									
12.74	19.97	1190.44									



Especimen	Deformación Unitaria - Vertical (mm)			Especimen	Deformación Unitaria - Horizontal (mm)		
	D. Máximo	D(15%)	D(40%)		D. Máximo	D(15%)	D(40%)
M - 01	23.13	0.28	1.843	M - 01	22.07	0.02	0.27
M - 02	11.37	0.22	1.838	M - 02	3.78	0.02	0.04
M - 03	16.54	0.34	1.61	M - 03	10.21	0.10	0.26
M - 04	7.37	0.77	2.35	M - 04	1.94	0.34	1.21



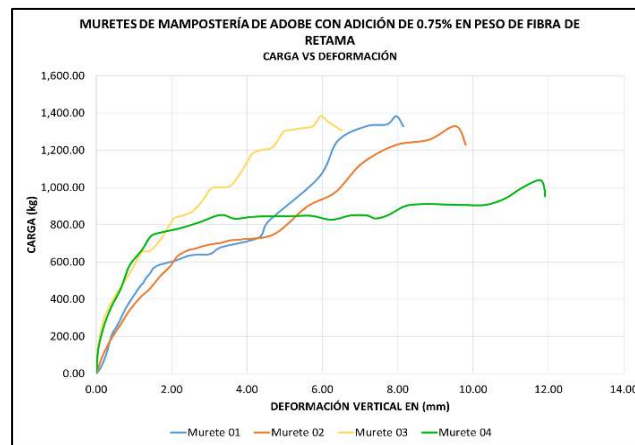
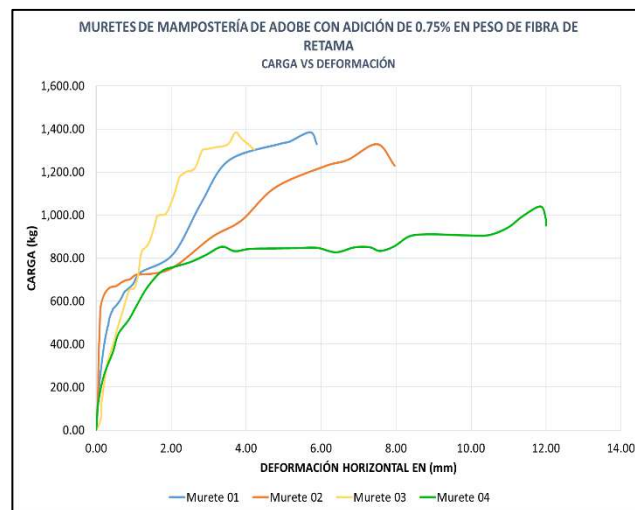
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA

DEFORMACIÓN VS CARGA (MURETES DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE RETAMA)

M1 - 1383.83 Kg			M2 - 1329.16 Kg			M3 - 1383.94 Kg			M4 - 1040.20 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.11	30.09	0.03	0.15	91.09	0.12	0.02	50.49	0.06	0.05	133.01
0.02	0.20	69.87	0.05	0.38	183.60	0.14	0.03	117.91	0.21	0.21	259.59
0.04	0.28	116.89	0.06	0.67	271.01	0.20	0.09	201.55	0.44	0.40	359.96
0.08	0.40	204.41	0.06	0.85	332.21	0.28	0.20	296.51	0.59	0.63	447.68
0.10	0.50	240.62	0.08	1.14	404.84	0.31	0.25	319.87	0.87	0.75	514.28
0.12	0.60	275.91	0.09	1.42	456.65	0.47	0.47	409.84	1.10	0.89	586.30
0.15	0.70	319.67	0.10	1.69	523.16	0.57	0.69	475.22	1.37	1.22	666.98
0.18	0.80	358.73	0.12	1.96	577.63	0.71	0.93	555.59	1.75	1.45	738.89
0.21	0.92	397.29	0.21	2.15	629.44	0.83	1.12	626.18	2.11	1.77	761.02
0.25	1.05	436.76	0.35	2.42	661.16	0.89	1.22	654.23	2.50	2.22	780.92
0.27	1.10	451.96	0.53	2.59	669.63	1.02	1.43	660.86	2.92	2.74	813.76
0.30	1.20	479.71	0.66	2.84	685.03	1.12	1.70	720.32	3.35	3.29	852.82
0.31	1.22	483.28	0.78	3.08	695.84	1.18	1.94	799.07	3.70	3.68	832.42
0.32	1.24	485.90	0.90	3.29	701.15	1.23	2.07	836.20	4.09	4.14	842.62
0.33	1.25	488.48	1.00	3.55	715.04	1.31	2.29	848.35	4.80	4.71	845.23
0.34	1.31	512.04	1.06	3.87	721.39	1.42	2.59	876.79	5.42	5.26	846.76
0.39	1.43	540.60	1.97	4.71	748.78	1.55	2.88	948.50	5.90	5.71	847.83
0.44	1.48	558.65	3.09	5.59	897.19	1.62	3.04	993.28	6.40	6.24	827.22
0.45	1.50	564.17	3.88	6.34	974.30	1.73	3.27	1000.62	6.89	6.75	850.07
0.55	1.65	582.83	4.78	7.04	1127.51	1.87	3.56	1008.98	7.30	7.17	850.37
0.65	2.10	607.41	6.10	7.93	1226.35	2.07	3.87	1089.87	7.58	7.42	833.24
0.73	2.50	635.56	6.72	8.83	1256.44	2.21	4.10	1172.90	7.95	7.76	854.05
0.75	3.02	642.29	7.50	9.53	1329.16	2.31	4.22	1190.26	8.36	8.21	901.37
0.98	3.30	678.01	7.96	9.80	1228.79	2.42	4.40	1201.60	8.81	8.69	910.76
1.18	4.33	732.36				2.63	4.69	1217.98	9.34	9.24	909.02
2.05	4.56	817.33				2.82	4.96	1298.66	9.88	9.75	905.96
2.80	5.91	1054.99				2.95	5.10	1306.31	10.47	10.33	906.68
3.53	6.41	1252.05				3.20	5.35	1315.41	10.98	10.85	941.46
4.90	7.18	1329.88				3.51	5.74	1328.55	11.40	11.28	996.85
5.15	7.72	1339.57				3.71	5.96	1383.94	11.86	11.77	1040.20
5.71	7.96	1383.83				3.88	6.13	1355.48	12.00	11.90	984.40
5.89	8.15	1328.83				4.21	6.51	1304.99	12.00	11.91	951.97



Deformación Unitaria - Vertical (mm)				Deformación Unitaria - Horizontal (mm)			
Especimen	D. Máximo	D(15%)	D(50%)	Especimen	D. Máximo	D(15%)	D(50%)
M - 01	1.52	0.41	1.46	M - 01	0.52	0.08	0.43
M - 02	1.76	0.43	1.73	M - 02	0.96	0.05	0.10
M - 03	5.96	0.10	0.92	M - 03	3.71	0.20	0.71
M - 04	11.77	0.08	0.54	M - 04	11.86	0.08	0.54



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”



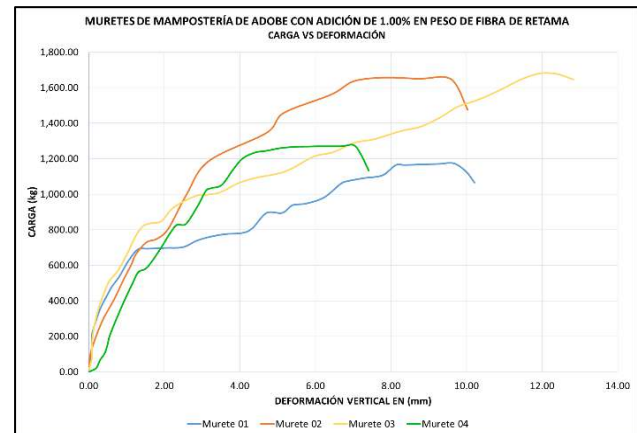
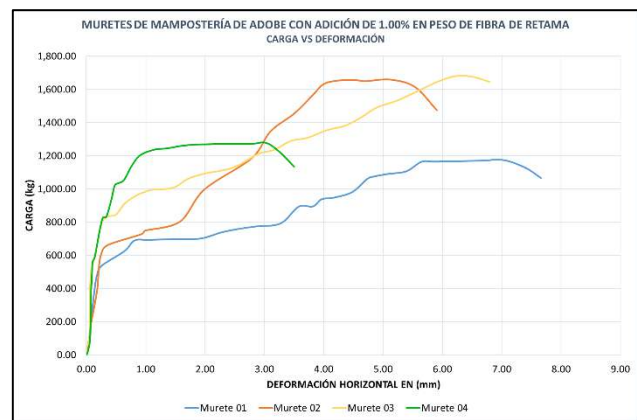
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

TESIS: “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE RETAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2023”

TESISTA: BACH. EMER WILFREDO RAMOS SILVA







DEFORMACIÓN VS CARGA (MURETES DE ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE RETAMA)

M1 - 1173.82 Kg			M2 - 1659.54 Kg			M3 - 1679.74 Kg			M4 - 1277.86 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.06	87.11	0.04	0.04	94.76	0.01	0.05	46.72	0.02	0.20	21.62
0.05	0.06	86.09	0.08	0.19	195.02	0.04	0.09	80.48	0.05	0.30	65.99
0.05	0.06	85.07	0.14	0.39	300.19	0.06	0.09	154.73	0.06	0.43	108.22
0.05	0.07	84.15	0.19	0.67	408.71	0.06	0.13	233.99	0.06	0.50	158.71
0.05	0.07	83.54	0.21	0.92	516.63	0.06	0.23	336.91	0.07	0.55	199.72
0.05	0.07	81.70	0.24	1.12	603.02	0.06	0.33	403.21	0.07	0.69	273.46
0.06	0.07	90.07	0.35	1.25	661.98	0.08	0.52	503.88	0.08	0.92	389.13
0.08	0.08	193.49	0.93	1.52	728.38	0.10	0.63	533.36	0.09	1.17	501.23
0.08	0.09	216.14	1.00	1.81	750.11	0.13	0.79	576.30	0.10	1.31	562.12
0.12	0.30	349.96	1.58	2.10	804.07	0.19	1.03	672.49	0.14	1.54	587.83
0.15	0.50	436.66	1.99	2.59	997.56	0.23	1.24	764.08	0.19	1.87	685.64
0.18	0.61	479.09	2.79	3.17	1186.36	0.29	1.42	817.53	0.24	2.15	779.89
0.25	0.81	536.42	3.10	4.72	1347.42	0.37	1.61	835.29	0.28	2.34	828.55
0.64	1.06	626.79	3.51	5.15	1457.07	0.50	1.91	847.11	0.34	2.57	833.34
0.81	1.31	690.03	3.80	6.42	1562.03	0.65	2.19	914.12	0.42	2.87	930.85
1.05	1.57	693.41	4.00	6.97	1633.02	0.86	2.55	963.80	0.48	3.10	1021.33
2.87	3.60	775.12	4.26	7.56	1654.64	1.09	2.91	994.70	0.54	3.25	1035.31
3.17	4.06	782.14	4.53	8.16	1656.57	1.25	3.13	997.46	0.63	3.53	1053.97
3.34	4.33	808.76	4.71	8.77	1650.56	1.48	3.48	1010.87	0.77	3.83	1141.38
3.58	4.71	894.60	5.13	9.43	1659.54	1.72	3.97	1062.64	0.90	4.07	1202.07
4.73	6.68	1060.29	5.54	9.73	1615.17	2.00	4.45	1093.95	1.13	4.39	1235.42
4.85	6.90	1075.79	5.91	10.03	1475.23	2.29	4.93	1112.31	1.37	4.70	1245.25
5.08	7.29	1090.97				2.53	5.31	1138.12	1.62	5.06	1260.45
5.39	7.78	1107.01				2.90	5.96	1212.58	1.85	5.45	1267.55
5.64	8.13	1163.62				3.16	6.46	1236.04	2.05	5.74	1269.04
5.86	8.37	1164.79				3.73	7.54	1309.07	2.28	6.13	1271.05
6.27	8.81	1167.25				4.90	9.76	1491.55	2.77	6.69	1271.10
6.66	9.27	1170.93				5.20	10.25	1527.45	3.02	7.01	1277.86
7.03	9.67	1173.82				5.92	11.45	1646.79	3.25	7.20	1224.20
7.40	9.99	1127.41				6.21	11.93	1679.74	3.50	7.41	1134.34
7.66	10.21	1065.59				6.49	12.37	1677.39			
						6.79	12.83	1645.87			



Deformación Unitaria - Vertical (mm)				Deformación Unitaria - Horizontal (mm)			
Especimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)	Especimen	D. Máximo	D(15%)	D(40%)
M - 01	9.67	0.08	0.59	M - 01	7.03	0.07	0.17
M - 02	3.43	0.29	1.26	M - 02	2.13	0.11	0.37
M - 03	11.93	0.15	1.03	M - 03	6.21	0.06	0.19
M - 04	7.01	0.54	1.19	M - 04	3.29	0.07	0.09

PANEL FOTOGRÁFICO

PRUEBAS DE CAMPO PARA SELECCIÓN DEL SUELO	
	
Prueba dental del suelo	Prueba olfativa del suelo
	
Prueba de cinta de barro del suelo	Prueba de brillo del suelo
	
Prueba de resistencia seca del suelo	Prueba de la botella

EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE RETAMA



Cortado de las ramas de retama



Saca de retama



Hervido de las ramas de retama



Inmersion en agua de las ramas de retama



Rastrillado de las ramas de retama



Fibra de retama

EXTRACCIÓN DEL SUELO



Extracción del suelo de los alrededores del laboratorio de Suelos de la EPIC



Tamizado del suelo extraído por la malla de 3/8"



Obtención del suelo para la elaboración de adobes

ENSAJO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



Muestra de suelo humedo



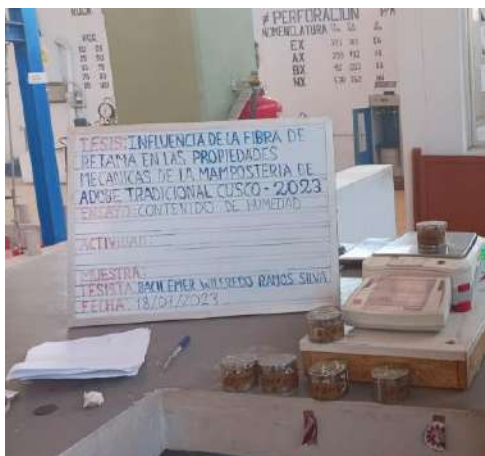
Capsulas



Pesaje de las capsulas vacias



Secado de la muestra de suelo humedo



Muestras de suelo seco



Pesaje de la muestra de suelo seco

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL SUELO



Cuarteo de la muestra de suelo seco



Pesaje de la muestra de suelo seco



Lavado de la muestra de suelo seco



Tamizado de la muestra de suelo

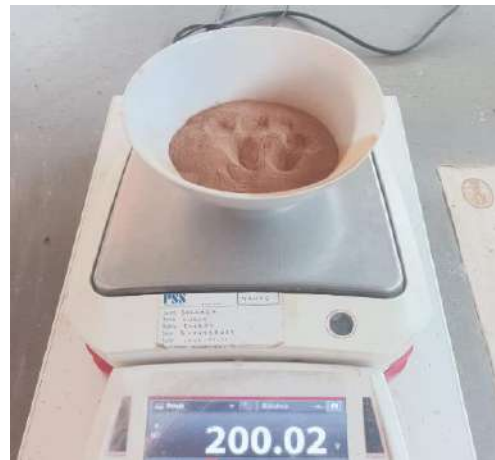


Material retenido en los tamices N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200 y cazuela

ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO



Tamizado del suelo seco por la malla N°40



Pesaje del suelo seco



Determinación del N° de golpes del suelo húmedo en la cuchara de casagrande



Pesaje del suelo húmedo



Materiales para el ensayo de L.L

ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO



Adición de agua al suelo



Preparacion de cilindros de barro



cilindro de barro de 3.2 mm de diametro



Pesaje de la muestra huemda



Secado de la muestra en horno



Pesaje de lamuestra seca

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL SUELO



Suelo secado al horno y que pasa la malla N°4



Pesaje del picnómetro vacío



Eliminación del aire atrapado en el agua



Pesaje del picnómetro aforado con agua



Extracción del aire con la bomba de vacíos



Pesaje del picnómetro + peso del agua y suelo

ELABORACION DE MUESTRAS PRELIMINARES Y ENSAYO DE COMPRESION



Fibra de retama



Mezcla de barro y fibra de retma



Elaboracion de cubos de barro



Muestras secas despues de 15 dias



Ensayo de compresion simple de los cubos de barro

PREPARACIÓN DE BARRO CON 0.75% EN PESO DE PAJA



Pesaje de tierra



Pesaje de paja



Mezcla de la tierra y agua



Pisado del barro



Pisado de la mezcla de barro y paja

ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ADOBE CON 0.75% EN PESO DE PAJA



Fabricacion de las unidades de adobe



Se muestra los adobes sobre una plataforma de triplay fenolico



Conclusion de la elaboración de las unidades de adobe

PREPARACIÓN DE BARRO CON 0.50% EN PESO DE FIBRA DE RETAMA



Fibra de retama



Pesaje de la fibra de retama



Pesaje de la tierra



Mezcla de tierra y agua



Mezcla de barro con fibra de retama



Pisado de la mezcla de barro y fibra de retama

ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ADOBE CON 0.50% EN PESO DE FIBRA DE RETAMA



Fabricacion de las unidades de adobe



Se muestra los adobes sobre una plataforma de triplay fenolico



Conclusion de la elaboración de las unidades de adobe

PREPARACIÓN DE BARRO CON 0.75% EN PESO DE FIBRA DE RETAMA



Pesaje de la fibra de retama



Pesaje de la tierra



Mezcla de tierra con agua



Mezcla de barro con fibra de retama

ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ADOBE CON 0.75% EN PESO DE FIBRA DE RETAMA



Se muestra los adobes sobre una plataforma de triplay fenolico



Fabricacion de las unidades de adobe



Conclusion de la elaboración de las unidades de adobe

PREPARACIÓN DE BARRO CON 1.00% EN PESO DE FIBRA DE RETAMA



Fibra de retama



Pesaje de la fibra de retama



Pesaje de la tierra



Mezcla de tierra y agua



Mezcla de barro con fibra de retama

ELABORACIÓN DE UNIDADES DE ADOBE CON 1.00% EN PESO DE FIBRA DE RETAMA



Se muestra los adobes sobre una plataforma de triplay fenolico



Fabricacion de las unidades de adobe



Conclusion de la elaboración de las unidades de adobe

PREPARACIÓN DE MORTERO DE BARRO	
	
Fibra de retama para mortero	Paja para mortero
	
Preparacion de mortero con paja	Preparacion de mortero con 0.5% de fibra de retama
	
Preparacion de mortero con 0.75% de fibra de retama	Preparacion de mortero con 1.0% de fibra de retama

VARIACIÓN DIMENSIONAL



Medida de dimensiones de unidad de adobe con paja



Medida de dimensiones de unidad de adobe con 0.50% y 0.75% en peso de fibra de retama



Medida de dimensiones de unidad de adobe con 1.00% en peso de fibra de retama

ENSAYO DE ABSORCIÓN



Pesaje de las unidades de adobe



Secado al horno de las unidades de adobe



Inmersión en agua de las unidades de adobe



Las unidades de adobe se desintegraron antes de las 24 horas de ser sumergidos



ENSAYO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE



Unidad de adobe con adición de 0.75% en peso de paja



Unidad de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama



Unidad de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama



Unidad de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama



Unidades de adobe sometidos al ensayo de compresion simple

ENSAYO DE FLEXIÓN EN TRES PUNTOS DE UNIDADES DE ADOBE



Unidad de adobe con adición de 0.75% en peso de paja



Unidad de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama



Unidad de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama



Unidad de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama



Unidades de adobe sometidos al ensayo de flexión en tres puntos

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CUBOS DE ADOBE



Cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de paja

Cubos de adobe con adición de 0.50% en peso de fibra de retama



Cubos de adobe con adición de 0.75% en peso de fibra de retama

Cubos de adobe con adición de 1.00% en peso de fibra de retama



Cubos de adobe sometidos al ensayo de compresion simple

ENSAYO DE TRACCIÓN DE TESTIGO CILINDRICO DE BARRO



Testigo cilindrico de barro con adición de 0.75% en peso de paja



Testigo cilindrico de barro con adición de 0.50% en peso de fibra de retama



Testigo cilindrico de barro con adición de 0.75% en peso de fibra de retama



Testigo cilindrico de barro con adición de 1.00% en peso de fibra de retama



Testigos cilíndricos de barro, sometidos al ensayo de tracción

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE MORTERO DE BARRO



Testigo cilíndrico de mortero con adición de 0.75% en peso de paja



Testigo cilíndrico de mortero con adición de 0.50% en peso de fibra de retama



Testigo cilíndrico de mortero con adición de 0.75% en peso de fibra de retama



Testigo cilíndrico de mortero con adición de 1.00% en peso de fibra de retama



Testigos cilíndricos de mortero, sometidos al ensayo de compresión simple

ENSAYO DE ADHERENCIA DE MORTERO



Adherencia de mortero con adición de 0.75% en peso de paja



Adherencia de mortero con adición de 0.50% en peso de fibra de retama



Adherencia de mortero con adición de 0.75% en peso de fibra de retama



Adherencia de mortero con adición de 1.00% en peso de fibra de retama



Piezas de tres unidades de adobe, sometidos al ensayo de adherencia de mortero

ENSAYO DE TRACCIÓN DE MORTERO



Mortero con adición de 0.75% en peso de paja



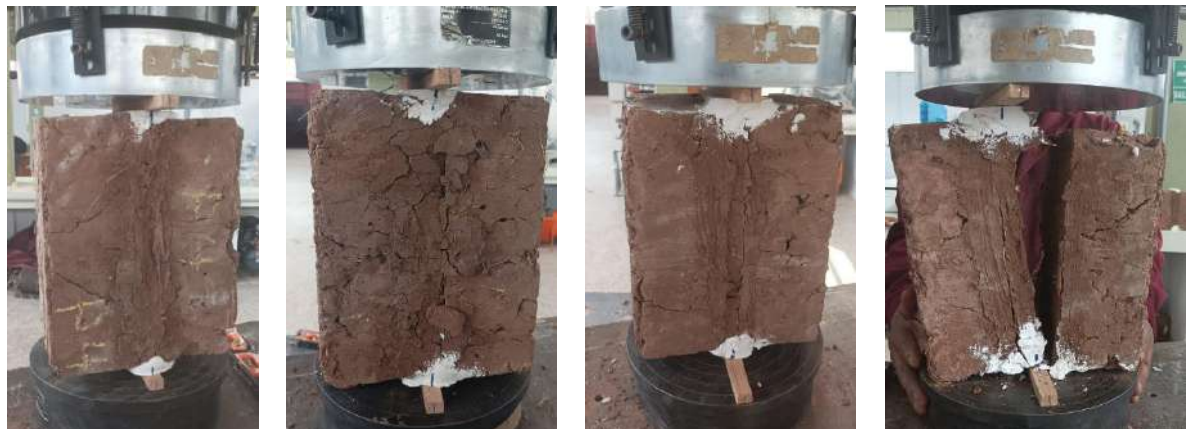
Mortero con adición de 0.50% en peso de fibra de retama



Mortero con adición de 0.75% en peso de fibra de retama



Mortero con adición de 1.00% en peso de fibra de retama



Piezas de dos unidades de adobe, sometidos al ensayo de tracción de mortero

ELABORACIÓN DE PILAS DE ADOBE



Pilas de adobe con 0.75% en peso de paja



Pilas de adobe con 0.50% en peso de fibra de retama



Pilas de adobe con 0.75% en peso de fibra de retama



Pilas de adobe con 1.0% en peso de fibra de retama



Colocacion de caping en las pilas de adobe



Colocación de topes en Pilas de adobe

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE ADOBE



Instrumentación de las Pilas de adobe, con diales digitales



Pilas de adobe que serán ensayados a compresión axial



Pila de adobe con 0.75% en peso de paja



Pila de adobe con 0.50% en peso de fibra de retama



Pila de adobe con 0.75% en peso de fibra de retama



Pila de adobe con 1.0% en peso de fibra de retama

ELABORACIÓN DE MURETES DE ADOBE



Murete de adobe con 0.75% en peso de paja



Murete de adobe con 0.50% en peso de fibra de retama



Murete de adobe con 0.75% en peso de fibra de retama



Murete de adobe con 1.0% en peso de fibra de retama



Colocacion de caping en Muretes de adobe



Colocación de topes en Muretes de adobe

ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ADOBE



Instrumentación de los muretes con diales digitales y manuales



Muretes que serán ensayados a compresión diagonal



Murete de adobe con 0.75% en peso de paja



Murete de adobe con 0.50% en peso de fibra de retama



Murete de adobe con 0.75% en peso de fibra de retama



Murete de adobe con 1.0% en peso de fibra de retama