

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Influencia de mallas de fibra de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, Haquira Cotabambas, Apurímac – 2024

Presentado por:

Ronald Huanaco Chumbez

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Influencia de mallas de fibra de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, Haqira Cotabambas, Apurímac – 2024

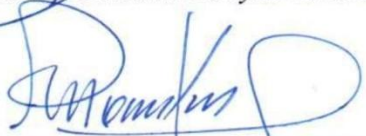
Presentado por **Ronald Huanaco Chumbez**, para optar el título profesional de:
Ingeniero civil

Sustentado y aprobado el 12 de febrero de 2025, ante jurado evaluador:

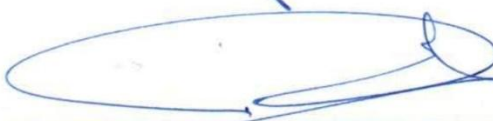
Presidente:


Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

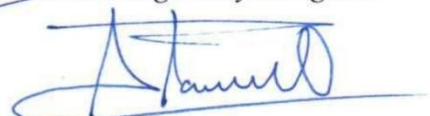
Primer miembro:


Mgt. Noel Molina Navarrete

Segundo miembro:


Mstr. Rodrigo Loayza Elguera

Asesor:


Dr. Calixto Cañari Otero

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD
N° 041-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **Influencia de mallas de fibra de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024**, presentado por el Bach Ronald Huanaco Chumbez, Para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (21%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 04 de febrero del 2025

 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
DE APURIMAC
Dr. Lintol Contreras Salas
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA

C. c.
Archivo
REG. N°124

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis padres, hermanos y familiares, cuyo inquebrantable apoyo, motivación constante y valores inculcados han sido fundamentales para la culminación de esta investigación. A mis docentes y asesores, por su valiosa orientación, conocimientos impartidos y rigor académico, que han contribuido significativamente a mi formación profesional. Asimismo, a mis compañeros de estudio, por su colaboración, intercambio de ideas y estímulo durante este proceso.

Finalmente, agradezco a todas las instituciones y personas que, de manera directa o indirecta, brindaron su tiempo y recursos para hacer posible la materialización de este trabajo, cuyo propósito es aportar soluciones sostenibles e innovadoras en el ámbito de la ingeniería civil.



Dedicatoria

A Dios, por concederme la oportunidad de transitar este camino de aprendizaje y crecimiento personal. A mis padres, hermanos y familia, cuyo respaldo incondicional y afecto han sido pilares fundamentales en mi desarrollo. A mis docentes y mentores, quienes con su guía y conocimientos han contribuido significativamente a mi formación profesional a lo largo de esta trayectoria.

Del mismo modo, a mis amigos y amigas, por inculcarme el verdadero significado de la amistad, siendo una fuente constante de apoyo y motivación. Expreso mi más sincero agradecimiento a todos ellos por su invaluable contribución a este logro.



Influencia de mallas de fibra de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, Haqira Cotabambas, Apurímac – 2024

Línea de investigación: Ingeniería de materiales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESÚMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del problema	8
1.2.1 Problema general	8
1.2.2 Problemas específicos	8
1.2.3 Justificación de la investigación	8
CAPÍTULO II	10
OBJETIVOS E HIPOTESIS	10
2.1 Objetivos de la investigación	10
2.1.1 Objetivo general	10
2.1.2 Objetivos específicos	10
2.2 Hipótesis de la investigación	10
2.2.1 Hipótesis general	10
2.2.2 Hipótesis específicas	11
2.3 Operacionalización de variables	12
CAPÍTULO III	13
MARCO TEORICO REFERENCIAL	13
3.1 Antecedentes	13
3.2 Marco teórico	22
3.2.1 Sistema de reforzamiento basados en mallas a base de fibras naturales según la normativa E.080	22
3.2.2 Sistemas de reforzamiento basados en mallas electrosoldadas	45
3.2.3 Sistema de reforzamiento basados en mallas de acero	45
3.2.4 Teoría a utilizar en la investigación	50
3.3 Marco conceptual	50
CAPÍTULO IV	56
METODOLOGÍA	56
4.1 Tipo y nivel de investigación	56



4.1.1	Tipo de investigación	56
4.1.2	Nivel de investigación	56
4.2	Diseño de la investigación	57
4.2.1	Limitaciones	57
4.2.2	Delimitaciones	58
4.3	Descripción ética de la investigación	58
4.4	Población y muestra	59
4.4.1	Población	59
4.4.2	Muestra	60
4.5	procedimiento	61
4.6	Técnica e instrumentos	63
4.6.1	Técnica	63
4.6.2	Instrumentos	63
4.7	Análisis estadístico	66
4.7.1	Análisis estadístico descriptivo	67
4.7.2	Análisis estadístico inferencial	73
4.7.3	Prueba de normalidad	73
4.7.4	Prueba de hipótesis	76
4.7.5	Hipótesis específicas	78
CAPÍTULO V		84
RESULTADOS Y DISCUSIONES		84
5.1	Análisis de resultados	84
5.1.1	Ensayo de variabilidad dimensional	84
5.1.2	Ensayo de alabeo	84
5.1.3	Ensayo de absorción y succión	85
5.1.4	Ensayo de resistencia a compresión de unidad	88
5.1.5	Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas	88
5.1.6	Módulo de elasticidad de pilas	89
5.1.7	Ensayos a compresión diagonal en muretes	97
5.1.8	Módulo de corte en muretes	99
5.1.9	Ensayo a tracción	110
5.1.10	Contrastación de hipótesis	114
5.1.11	Hipótesis específico 01	115
5.1.12	Hipótesis específico 02	116
5.1.13	Hipótesis específico 03	117
5.1.14	Hipótesis específico 04	118
5.2	Discusión de resultados	119
CAPÍTULO VI		122



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	122
6.1 Conclusiones	122
6.2 Recomendaciones	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
ANEXOS	131



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Viviendas particulares con material predominante en las paredes en la región de Apurímac	6
Tabla 2 — Viviendas particulares con material predominante en las paredes en el sector Patán	7
Tabla 3 — Operacionalización de variables de investigación	12
Tabla 4 — Proporciones para nuestro diseño de mezcla	28
Tabla 5 — Tabla de dosificación para la elaboración de las unidades	29
Tabla 6 — Propiedades físicas de las fibras de coco, Abacá y Agave	37
Tabla 7 — Valores medios de módulo de tracción (E), resistencia a la rotura (σ), deformación de rotura (ϵ) de fibras de Agave no tratadas	38
Tabla 8 — Especificaciones de las mallas de agave	39
Tabla 9 — Cuadro de control de calidad de las fibras de agave	40
Tabla 10 — Resultados de resistencia a tracción de los prototipos	42
Tabla 11 — Cantidad de ensayos a realizar	61
Tabla 12 — Juicio de expertos	64
Tabla 13 — Resultados de validación de los instrumentos de investigación	65
Tabla 14 — Intervalo de fiabilidad alfa de Cronbach	66
Tabla 15 — Análisis descriptivo del ensayo a compresión axial	67
Tabla 16 — Análisis descriptivo del ensayo a tracción diagonal	69
Tabla 17 — Prueba de normalidad de la resistencia a la compresión axial	74
Tabla 18 — Prueba de normalidad de la resistencia a tracción diagonal	74
Tabla 19 — Pruebas de homogeneidad de varianzas en pilas	75
Tabla 20 — Pruebas de homogeneidad de varianzas en murete	76
Tabla 21 — Nivel de significancia para la resistencia a la compresión axial	77
Tabla 22 — Nivel de significancia para la resistencia a tracción diagonal	77
Tabla 23 — Comparaciones múltiples de tratamientos de resistencia a compresión axial	79
Tabla 24 — Cuadro de comparaciones múltiples de los tratamientos para la resistencia a compresión axial	80
Tabla 25 — Comparaciones múltiples de tratamientos de resistencia a tracción diagonal	81
Tabla 26 — Cuadro de comparaciones múltiples de los tratamientos para la resistencia a tracción diagonal	82
Tabla 27 — Ensayo de variación dimensional unidad de adobe.	84
Tabla 28 — Ensayo de alabeo de unidad de adobe	85



Tabla 29 — Ensayo de Absorción y Succión de unidad de adobe	87
Tabla 30 — Ensayo de resistencia a compresión de unidades de adobe	88
Tabla 31 — Resistencia a compresión axial de pilas de adobe	89
Tabla 32 — Carga vs deformación de pilas de adobe patrón	90
Tabla 33 — Módulo de elasticidad de pilas de adobe patrón	92
Tabla 34 — Carga vs deformación de pilas reforzadas con mallas de 5 cm	92
Tabla 35 — Módulo de elasticidad de pilas reforzadas con mallas de 5 cm	94
Tabla 36 — Carga vs deformación de pilas reforzadas con mallas de 10 cm	94
Tabla 37 — Módulo de elasticidad de pilas de adobe reforzadas con mallas de 10 cm	96
Tabla 38 — Resumen general de la prueba de resistencia a compresión axial	96
Tabla 39 — Resistencia a compresión diagonal.	98
Tabla 40 — Carga vs deformación de muretes de adobe patrón	99
Tabla 41 — Módulo de corte de muretes de adobe patrón	101
Tabla 42 — Carga vs deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 5 cm de abertura	102
Tabla 43 — Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura	105
Tabla 44 — Carga vs deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 10 cm de abertura	106
Tabla 45 — Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 10 cm de abertura	109
Tabla 46 — Resumen general de la prueba de resistencia a tracción diagonal	109
Tabla 47 — Propiedades físicas de los ensayos	112
Tabla 48 — Propiedades mecánicas de los ensayos	113
Tabla 49 — Tabla de resistencia tracción	113
Tabla 50 — Tabla de matriz de consistencia	132



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Modelo de gavera para la elaboración de las muestras de adobe	23
Figura 2 — Métodos para la fabricación de bloques de adobe	26
Figura 3 — Se presenta un esquema de cimentación para edificaciones	32
Figura 4 — Se presenta una propuesta de Límites geométricos de muros y vanos	33
Figura 5 — Se ilustra una propuesta de colocación de geomallas	34
Figura 6 — Modelo de refuerzo exterior e interior basados en uso de mallas	35
Figura 7 — Prototipo de la cuerda de agave	43
Figura 8 — Prototipo de la malla de fibra de agave	45
Figura 9 — Sistemas de reforzamiento con malla electrosoldada	45
Figura 10 — Sistemas de reforzamiento con malla de acero	46
Figura 11 — Muro de AC reforzado con CFRP.	47
Figura 12 — Configuración horizontal y diagonal de CFRP	48
Figura 13 — Configuración de CFRP	49
Figura 14 — Flujograma del procedimiento de ejecución de la investigación.	62
Figura 15 — Carga – Desplazamiento Vertical de pilas de adobe patrón	91
Figura 16 — Carga – Desplazamiento Vertical de pilas reforzadas con mallas de 5 cm.	93
Figura 17 — Carga – Desplazamiento Vertical de pilas reforzadas con mallas de 10 cm	95
Figura 18 — Gráfico de síntesis general del ensayo de resistencia a compresión axial	97
Figura 19 — Carga vs desplazamiento Vertical de muretes de adobe patrón	100
Figura 20 — Carga vs desplazamiento horizontal de muretes de adobe patrón	101
Figura 21 — Carga vs Desplazamiento Vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura	104
Figura 22 — Carga vs desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura	104
Figura 23 — Carga vs Desplazamiento Vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 10 cm de abertura	108
Figura 24 — Carga vs desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 10 cm de abertura	108
Figura 25 — Gráfico de síntesis general del ensayo de resistencia a tracción diagonal	110
Figura 27 — Gráfico de análisis Comparativo del desempeño en los ensayos	120
Figura 28 — Gráfico de análisis Comparativo del desempeño en los ensayos	121
Figura 29 — Instrumentos de recolección de información del laboratorio - Alabeo	133



Figura 30 — Instrumentos de recolección de información del laboratorio - Absorción y Succión	134
Figura 31 — Informe de ensayo de variación dimensional de unidad de adobe	135
Figura 32 — Informe del ensayo de alabeo de unidad de adobe	135
Figura 33 — Informe del ensayo de succión y absorción de unidades de adobe	136
Figura 34 — Informe del ensayo de resistencia a compresión de unidades de adobe	136
Figura 35 — Informe de ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de adobe	137
Figura 36 — Informe de módulo de elasticidad de pilas de adobe	137
Figura 37 — Informe de módulo de elasticidad pilas de adobe reforzado con mallas de fibras de agave de 5cm	138
Figura 38 — Informe de módulo de elasticidad pilas de adobe reforzado con mallas de fibras de agave de 10cm	138
Figura 39 — Informe de ensayo de resistencia de muretes de adobe y reforzada con mallas de fibras de agave	139
Figura 40 — Informe de módulo de elasticidad de muretes de adobe	139
Figura 41 — Informe de módulo de elasticidad de muretes de adobe reforzado con mallas de fibras de agave de 5cm	140
Figura 42 — Informe de módulo de elasticidad de muretes de adobe reforzado con mallas de fibras de agave de 5cm	140
Figura 43 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro 1/3	141
Figura 44 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro 2/3	141
Figura 45 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro 3/3	142
Figura 46 — Certificado de calibración de balanza electrónica 1/3	142
Figura 47 — Certificado de calibración de balanza electrónica 2/3	143
Figura 48 — Certificado de calibración de balanza electrónica 3/3	143
Figura 49 — Certificado de calibración del horno 1/6	144
Figura 50 — Certificado de calibración del horno 2/6	144
Figura 51 — Certificado de calibración del horno 3/6	145
Figura 52 — Certificado de calibración del horno 4/6	145
Figura 53 — Certificado de calibración del horno 5/6	146
Figura 54 — Certificado de calibración del horno 6/6	146
Figura 55 — Certificado de calibración de LFP-C-051-2021 1/4	147
Figura 56 — Certificado de calibración de LFP-C-051-2021 2/4	147
Figura 57 — Certificado de calibración de LFP-C-051-2021 3/4	148
Figura 58 — Certificado de calibración de LFP-C-051-2021 4/4	148
Figura 59 — Certificado de calibración de Manómetro analógico 1/2	149
Figura 60 — Certificado de calibración de Manómetro analógico 2/2	149



INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra en la **“influencia de mallas de fibra de agave en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac”**, en un contexto donde la construcción con adobe es una práctica tradicional en muchas regiones del Perú; sin embargo, este material, aunque accesible y económico, presenta serias limitaciones en términos de resistencia estructural, especialmente frente a eventos sísmicos, lo que pone de manifiesto la vulnerabilidad inherente de los muros de adobe que a menudo no cumplen con los estándares necesarios para garantizar la seguridad habitacional, exponiendo a las comunidades a riesgos significativos durante desastres naturales. La justificación de esta investigación radica en la necesidad urgente de encontrar soluciones que mejoren la resistencia y durabilidad de los muros de adobe sin comprometer su sostenibilidad y características ambientales, siendo el uso de mallas de fibra de agave una alternativa innovadora que podría no solo incrementar la capacidad estructural del adobe, sino también promover el uso de recursos locales y sostenibles, lo que tiene implicaciones sociales y económicas para las comunidades que dependen del adobe como material constructivo. Los objetivos planteados en este estudio son evaluar el efecto del uso de mallas de fibra de agave en la resistencia estructural de muros de adobe, comparar el rendimiento mecánico entre muros reforzados con mallas y muros tradicionales, y proponer recomendaciones prácticas para la implementación efectiva de esta técnica en el sector.

El presente estudio de investigación se ha llevado a cabo siguiendo el esquema propuesto por la unidad de investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Por ello, su estructura se organiza en los siguientes capítulos:

El Capítulo I aborda el planteamiento del problema, incluyendo su descripción, enunciado y justificación.

El Capítulo II presenta los objetivos e hipótesis de la investigación, especificando el objetivo general, los objetivos específicos, la hipótesis general, las hipótesis específicas y la operacionalización de variables.

En el Capítulo III se desarrolla el marco teórico referencial, donde se exponen los antecedentes del estudio, el fundamento teórico y el marco conceptual.



El Capítulo IV detalla la metodología utilizada para la investigación, abarcando el tipo, nivel, método y diseño de la investigación, así como la población y muestra, el procedimiento, las técnicas e instrumentos empleados y el análisis estadístico.

El Capítulo V está dedicado a los resultados y discusiones, donde se analizan los resultados obtenidos, los ensayos a compresión axial, los ensayos a tracción diagonal y por último la contrastación de hipótesis.

El Capítulo VI presenta las conclusiones y recomendaciones, relacionando los resultados obtenidos con los objetivos planteados y contrastándolos con los antecedentes investigativos.

En el Capítulo VII, se incluyen las referencias bibliográficas, detallando todas las fuentes consultadas a lo largo del estudio.

Finalmente, se tiene los anexos, donde se recopilan la matriz de consistencia, instrumentos de recolección de datos, fotografías de las distintas etapas del proceso de ejecución de la tesis, así como documentos de calibración de los equipos de laboratorio utilizados para garantizar la precisión de los resultados.



RESÚMEN

Esta investigación aborda las problemáticas de la vulnerabilidad estructural de las viviendas de adobe en el sector de Patán, Haqira, Cotabambas y Apurímac, donde el 97.86% de las edificaciones, construidas de manera empírica y sin refuerzos adecuados, son altamente susceptibles a colapsos durante eventos sísmicos y otros fenómenos naturales, lo que pone en riesgo vidas y patrimonio de los habitantes. El proyecto propone un sistema de reforzamiento estructural para muros de adobe mediante mallas de fibra de agave, un recurso natural, sostenible y disponible en dicha zona de estudio. A través de pruebas experimentales en laboratorio, se busca evaluar cómo estas mallas incrementan la durabilidad y resistencia de los muros frente a esfuerzos de compresión axial y tracción diagonal, comparándolas con métodos tradicionales. La metodología incluye inspecciones visuales de viviendas, fabricación y prueba de especímenes en condiciones controladas, y análisis comparativos de distintas configuraciones de mallas. Este enfoque, además de mejorar la seguridad de las viviendas, promueve la sostenibilidad al emplear materiales locales y respetar el contexto cultural. Los resultados muestran que las mallas de agave aumentan significativamente la resistencia estructural, consolidándose como una alternativa económica, replicable y viable para zonas rurales. Se espera que esta solución reduzca los riesgos asociados con el colapso de viviendas, mejore la calidad de vida de los habitantes y fomente la preservación del patrimonio arquitectónico y cultural, integrando tradición, innovación y sostenibilidad como una respuesta efectiva a las problemáticas estructurales en comunidades vulnerables.

Palabras clave: *Adobe, reforzamiento estructural, mallas de agave, viviendas rurales, sostenibilidad.*



ABSTRACT

This research addresses the issues of structural vulnerability in adobe houses in the Patán, Haqira, Cotabambas, and Apurímac regions, where 97.86% of the buildings, constructed empirically and without proper reinforcements, are highly susceptible to collapse during seismic events and other natural phenomena, endangering the lives and property of the inhabitants. The project proposes a structural reinforcement system for adobe walls using agave fiber meshes, a natural, sustainable resource available in the study area. Through experimental laboratory tests, the aim is to evaluate how these meshes enhance the durability and strength of walls against axial compression and diagonal tension forces, comparing them with traditional methods. The methodology includes visual inspections of houses, fabrication and testing of specimens under controlled conditions, and comparative analyses of different mesh configurations. This approach not only improves the safety of the houses but also promotes sustainability by using local materials and respecting the cultural context. The results demonstrate that agave meshes significantly increase structural resistance, establishing themselves as an economical, replicable, and viable alternative for rural areas. This solution is expected to reduce the risks associated with housing collapse, improve the quality of life for the inhabitants, and foster the preservation of architectural and cultural heritage, integrating tradition, innovation, and sustainability as an effective response to structural challenges in vulnerable communities.

Keywords: *Adobe, structural reinforcement, agave meshes, rural housing, sustainability.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La construcción con tierra, una de las técnicas más antiguas y económicas, ha sido ampliamente utilizada en diversas regiones del mundo, especialmente en las regiones rurales y desfavorecidas de Asia, América del Sur y África. Este material accesible y de bajo costo ha sido fundamental en la edificación de viviendas en contextos donde otros materiales son escasos o demasiado costosos (ZHANG, 2020).

Según la (UNESCO, 2012), las edificaciones de tierra están presentes en casi todas las partes del mundo, lo que subraya su relevancia cultural y adaptabilidad a diferentes contextos geográficos. Sin embargo, la vulnerabilidad de estas estructuras ante eventos sísmicos representa un problema crítico que afecta su seguridad y estabilidad, ya que, en regiones con alta actividad sísmica, las construcciones de adobe pueden colapsar si no se implementan técnicas adecuadas de diseño y refuerzo estructural. A pesar de estos desafíos, esta técnica ha resurgido como una alternativa sostenible en países desarrollados y en vías de desarrollo, impulsando proyectos innovadores que combinan tradición y modernidad. Ejemplos como las escuelas de Francis Keré en África o las casas prototipo en China demuestran su viabilidad técnica y social, mientras que iniciativas globales promueven su uso como solución habitacional para comunidades desfavorecidas y ambientalmente responsables (Econova Institute, 2024).

En Latinoamérica, países como Perú, Ecuador, Chile y Guatemala se encuentran en una de las regiones más sísmicas del continente. En estos países, la construcción con tierra ha sido parte de la tradición arquitectónica desde tiempos preincaicos, incaicos y coloniales. Las técnicas más empleadas incluyen la mampostería de adobe y el tapial. En el caso específico de Perú, muchas de las viviendas construidas con adobe no cuentan con refuerzos estructurales adecuados, lo que las hace altamente vulnerables a sismos y otros fenómenos naturales, como inundaciones y lluvias (MUENTES & ALVARADO, 2021).

Un ejemplo alarmante de esta vulnerabilidad ocurrió el 15 de agosto de 2007 en Pisco, donde un terremoto devastador dejó 434,614 personas damnificadas, 221,060 afectadas y



596 fallecidos. Se reportaron 93,708 viviendas destruidas o inhabitables, de las cuales la gran mayoría estaban construidas con adobe (INDECI, 2010). Aproximadamente el 80% de estas edificaciones colapsaron debido a la falta de refuerzo estructural y otros factores, como la mala calidad de los materiales y la inadecuada distribución de vanos en muros portantes (BLONDET, y otros, 2012). Este suceso evidencia la necesidad de implementar estrategias para reforzar estas construcciones y mejorar su resistencia ante movimientos telúricos.

En la región de Apurímac, el uso del adobe como material de construcción es predominante. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), el 86.5% de las viviendas en esta región están edificadas con este material, debido a su bajo costo y facilidad de construcción. No obstante, la falta de conocimientos técnicos en la preparación del adobe y la ausencia de cumplimiento de normativas establecidas, como la Norma E.080 (Diseño y Construcción con Tierra Reforzada). La alta exposición sísmica de la región, combinada con la precariedad estructural de estas viviendas, representa una amenaza latente para sus habitantes, lo que refuerza la necesidad de estudios y soluciones que mejoren la seguridad estructural de estas edificaciones. (E.030 Diseño Sismorresistente, 2019).

Tabla 1 — Viviendas particulares con material predominante en las paredes en la región de Apurímac

Material de construcción predominante en las paredes	Casos	%	Acumulado %
Ladrillo o bloque de cemento	22 958	34.83%	34.83%
Piedra o sillar con cal o cemento	97	0.15%	34.98%
Adobe	41 442	62.87%	97.85%
Tapia	280	0.42%	98.28%
Quincha (caña con barro)	40	0.06%	98.34%
Piedra con barro	151	0.23%	98.56%
Madera (pona, tornillo etc.)	396	0.60%	99.17%
Triplay / calamina / estera	550	0.83%	100.00%
Total	65 914	100.00%	100.00%
NOTA. Al año 2017. Adaptado de «Censos Nacionales de Población y Vivienda»			
FUENTE: INEI, 2017.			

El centro poblado de Patán, ubicado en el distrito de Haqaira, provincia de Cotabambas, es un claro reflejo de esta problemática. En esta localidad, el 97.86% de las viviendas están construidas con adobe. Estas edificaciones presentan patologías estructurales comunes, como humedad por capilaridad, desprendimiento de revestimientos internos y grietas con ángulos de hasta 45 grados en las paredes, especialmente en la zona de los vanos de ventanas y puertas. Además, muchas de estas viviendas son de dos niveles, con entresijos de madera, lo que aumenta la carga muerta de la estructura y eleva el riesgo de colapso en caso de sismo (INEI, 2017).

Tabla 2 — Viviendas particulares con material predominante en las paredes en el sector Patán

Material de construcción predominante en las paredes	Casos	%	Acumulado %
Adobe	229	97.86%	97.86%
Piedra con barro	5	2.14%	100.00%
Total	234	100.00%	100.00%

NOTA. Al año 2017. Adaptado de «Censos Nacionales de Población y Vivienda»
FUENTE: INEI, 2017.

La falta de refuerzo estructural en estas viviendas plantea un riesgo considerable para sus habitantes, quienes podrían enfrentar pérdidas humanas y materiales en caso de un terremoto. Por ello, es crucial mejorar la resistencia del adobe y adoptar estrategias de reforzamiento estructural que permitan reducir la vulnerabilidad de estas construcciones. Esta investigación tiene como objetivo principal proponer soluciones sostenibles que garanticen mayor seguridad y habitabilidad en las viviendas del centro poblado de Patán, contribuyendo así a un entorno más seguro para sus residentes (E.030 Diseño Sismorresistente, 2019).

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de mallas de fibra de agave en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac - 2024?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 5cm en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac - 2024?
- ¿Cuál es la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 10cm en la resistencia a la compresión axial en muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac - 2024?
- ¿Cuál es la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 5cm en la resistencia a la tracción diagonal en muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac - 2024?
- ¿Cuál es la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 10cm en la resistencia a la tracción diagonal en muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac - 2024?

1.2.3 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad imperante de fortalecer la resistencia estructural de las viviendas de adobe en el sector de Patán, Haqira, Cotabambas, Apurímac. En este lugar de estudio, el 97.86% de las edificaciones han sido construidas empíricamente según (Instituto Nacional de Estadística e Informática), sin la aplicación de criterios técnicos adecuados ni la supervisión de especialistas, lo que ha generado una alta vulnerabilidad ante fenómenos naturales como sismos e inundaciones. La falta de refuerzos estructurales ha resultado en un deterioro progresivo de las viviendas, incrementando los riesgos de colapso y poniendo en peligro la vida y el patrimonio de sus habitantes. Por tanto, resulta imprescindible buscar soluciones innovadoras y accesibles que permitan mejorar las condiciones estructurales de estas construcciones sin comprometer su sostenibilidad ni generar altos costos (INEI, 2017).



El uso de mallas de fibra de agave como método de reforzamiento estructural se presenta como una alternativa viable y sostenible, aprovechando los recursos naturales disponibles en la región. Estas fibras ofrecen propiedades mecánicas favorables, como una alta resistencia a la tracción y flexibilidad, lo que las convierte en un material idóneo para la mejora de la capacidad estructural de los muros de adobe. Su aplicación permitirá incrementar la resistencia a la compresión axial y la tracción diagonal de las estructuras, proporcionando una solución de bajo costo que responde a las necesidades de la población local. Además, el empleo de materiales autóctonos fomenta el desarrollo de tecnologías constructivas sostenibles, promoviendo la economía circular y el uso eficiente de los recursos naturales

Desde un enfoque social, esta investigación busca generar un impacto positivo en la calidad de vida de los habitantes del sector de Patán, brindándoles acceso a viviendas más seguras y resilientes ante eventos sísmicos. La implementación de técnicas de reforzamiento con fibras naturales no solo contribuirá a reducir el riesgo de pérdidas humanas y materiales, sino que también promoverá la conservación de la arquitectura tradicional y la identidad cultural de la comunidad. De esta manera, se fortalece el vínculo entre la innovación técnica y las prácticas ancestrales de construcción, asegurando una transición armónica hacia edificaciones más seguras sin perder las raíces culturales.

Finalmente, los resultados de esta investigación podrán servir como base para futuras iniciativas en la formulación de políticas públicas y normativas orientadas a la construcción segura y sostenible en comunidades rurales. La evidencia científica obtenida mediante ensayos experimentales brindará un respaldo técnico a la viabilidad del uso de fibras naturales en la construcción, facilitando su adopción en programas de vivienda social y proyectos de desarrollo comunitario. Así, esta propuesta representa un aporte significativo al campo de la ingeniería civil, consolidándose como una alternativa eficiente y sostenible para mejorar la seguridad estructural en zonas rurales con recursos limitados.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar la influencia de mallas de fibra de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 5cm en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Determinar la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 10cm en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Determinar la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 5 cm en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Determinar la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 10cm en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

Las mallas de fibra de agave influyen significativamente en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024



2.2.2 Hipótesis específicas

- Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.



2.3 Operacionalización de variables

Tabla 3— Operacionalización de variables de investigación

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCION	INDICADOR	UNIDADES/ ITEMS	INSTRUMENTOS
(VARIABLE INDEPENDIENTE) MALLAS DE FIBRAS DE AGAVE	Se define como un tipo de fibra natural que se obtiene de las hojas de algunas especies de agave, una planta suculenta que crece en regiones áridas y semiáridas. Las fibras de agave se caracterizan por su alta resistencia a la tensión, su baja densidad y su biodegradabilidad, se utilizan en el Perú para la elaboración de artesanías, textiles, sogas, esteras, escobas y otros productos. El aprovechamiento de las fibras de agave contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades rurales y a la conservación de los ecosistemas forestales. (OSINFOR, 2022).	Son elementos constituidos por materiales con alta capacidad de tracción, que se colocan sobre la superficie de los muros de adobe, creando una capa de protección que evita la formación de grietas y el desprendimiento de material ante los movimientos sísmicos. Las mallas pueden ser de diferentes tipos, como mallas de fibras naturales, mallas de sogas sintéticas, mallas de cuerdas de polipropileno, mallas electrosoldadas, entre otras. Las mallas deben estar adecuadamente ancladas a la cimentación, al techo y a los arriostres, y deben estar embutidas en el enlucido de los muros (E.080, 2017).	X1= Mallas con apertura de 5cm	El módulo de elasticidad. Alargamiento de la malla.	Ensayo de tracción KN/m	Medición directa con calibrador o regla graduada.
			X2= Mallas con apertura de 10cm	El módulo de elasticidad. Alargamiento de la malla.	Ensayo de tracción KN/m	Análisis documental, ensayos de laboratorio.
(VARIABLE DEPENDIENTE) REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	El refuerzo estructural, de acuerdo con la normativa (E.080, 2017), abarca los métodos y procesos implementados en una edificación para incrementar su capacidad de resistir tanto las cargas axiales (compresión axial) como las fuerzas de corte (tracción diagonal). Estas acciones se llevan a cabo con el fin de optimizar el desempeño sísmico y estructural de las construcciones, particularmente en edificaciones de tierra como el adobe, asegurando que puedan resistir las tensiones sin sufrir fallas prematuras.	El reforzamiento estructural se implementará en una edificación con muros de adobe mediante la instalación de mallas confeccionadas con fibras naturales de agave. Este proceso tiene como objetivo mejorar la resistencia, rigidez y ductilidad de los muros, además de incrementar su capacidad de carga y su comportamiento frente a esfuerzos cortantes. Todo esto se realizará conforme a los criterios y requisitos establecidos en la norma E.030 y otras normativas técnicas aplicables. (Aliaga Campos, 2021)	Y1= Resistencia a la compresión axial	Pilas de adobe patrón. Pilas reforzadas con mallas de 5 cm. Pilas reforzadas con mallas de 10 cm.	Ensayo de compresión axial Kgf/cm ²	Fichas de recolección de datos.
			Y2= Resistencia a la tracción diagonal	Muretes de adobe patrón. Muretes reforzados con mallas de 5 cm. Muretes reforzados con mallas de 10 cm.	Ensayo de tracción diagonal Kgf/cm ²	Ficha técnica para ensayos de laboratorio.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

a) A nivel internacional

Se tiene diversos antecedentes a nivel internacional, entre ellos (LLUMITASIG, y otros, 2020) realizó la investigación cuyo objetivo fue Obtener la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con estiércol de vaca, savia de penca de tuna y paja; se ha empleado como base teórica en los siguientes términos donde evidencia que, en el estudio de diferentes técnicas de estabilización de adobes artesanales, se observaron variaciones en la resistencia a la compresión. Los adobes básicos, hechos de barro y agua, mostraron una resistencia de 9,84 kg/cm² a los 30 días. Al agregar paja, la resistencia aumentó un 2,44%, mientras que la estabilización con estiércol de vaca resultó en un incremento del 3,76%. La sangre de toro proporcionó un aumento del 5,28%, y la combinación de sangre de toro y paja mostró un aumento del 0,61%. Sin embargo, la combinación de sangre de toro y estiércol de vaca destacó con un aumento significativo del 14,74%. Otros estabilizantes, como la savia de penca de tuna, también demostraron mejoras en la resistencia, con aumentos que oscilan entre el 4,27% y el 8,33%. Estos resultados indican que la elección de estabilizantes puede tener un impacto significativo en la resistencia a la compresión de los adobes artesanales; para la obtención de un valor máximo de la resistencia a compresión se ha empleado 06 muestras generales como población, y consta de 04 muestras únicamente. La metodología empleada fue de tipo aplicada con nivel de investigación correlacional, así mismo el diseño de investigación fue experimental. Los principales resultados obtenidos para la resistencia a la compresión diagonal en los muros de adobe reforzados con malla ecológica son 0.46 kg/cm² y 0.40 kg/cm², correspondientes a los refuerzos a cada 5 cm y 7 cm, respectivamente. De esta manera, el primer valor indica una mayor resistencia a la compresión diagonal en comparación con el muro patrón, que presenta un valor de 0.38 kg/cm², y finalmente como conclusión se puede afirmar que la combinación más resistente fue la de barro dormido estabilizado con sangre de toro y estiércol de vaca. Las muestras de adobe

elaboradas con esta mezcla mostraron la mayor resistencia a la compresión, alcanzando un resultado de 11,29 Kg/cm² tras un período de treinta días. El modelo construido con los ladrillos artesanales, que provienen de la combinación más resistente en términos de compresión y que fue reforzado con una malla plástica, no presentó ningún signo de deterioro.

Así mismo según (AGUILAR , y otros, 2019) se tiene la investigación cuyo Objetivo es determinar las características físicas y mecánicas del adobe para su uso en el diseño estructural de edificaciones en el cantón Cuenca, como base teórica describe la calidad de la composición del adobe de una adobera, Según la norma peruana E 080, los resultados de la resistencia a compresión de los adobes elaborados con esta composición son superiores a los mínimos establecidos. No obstante, la escasa presencia de fibras naturales esenciales, que actúan como estabilizantes y agentes rigidizadores, ha impactado negativamente en la resistencia del adobe a la tracción por flexión. En el caso de la adobera, donde los adobes muestran una composición granular gruesa y presencia de limos inorgánicos con alrededor del 7% de contenido orgánico, el cual apenas contiene fibras naturales, la incorporación de paja en estos ladrillos es prácticamente nula. La concentración alta de árido grueso limita la resistencia a la compresión, la cual no alcanza los 1 MPa (mega pascal), el mínimo exigido por la normativa peruana E. 080. Además, la resistencia a la tracción por flexión es muy baja, atribuible a la prácticamente nula presencia de fibras. Como población Se lograron obtener 06 muestras de cada molde en los ensayos de compresión del adobe, tracción por flexión del adobe y compresión del mortero de barro. Asimismo, se recolectaron seis muestras en los ensayos de resistencia a la compresión y tracción indirecta en los muretes., como muestra se ensayaron 04 pruebas. La metodología fue de investigación aplicada. Diseño de investigación experimental. Método deductivo inductivo. Como resultado, se observa que la adobera 1, adobera 2 y edificación 2 satisfacen los requisitos de resistencia a la compresión del adobe estipulados en la normativa peruana. Sin embargo, solo la adobera 1 cumple con los demás requisitos establecidos por esta normativa, así como con las normativas internacionales evaluadas, finalmente la conclusión en este estudio se establece una relación directa entre la calidad de los componentes del adobe y su comportamiento mecánico como unidad y como muro. La edificación 1 muestra una composición desfavorable con suelo de grano grueso, limos inorgánicos y arcillas orgánicas, lo que afecta negativamente su resistencia a compresión y

tracción por flexión. La falta de fibras naturales adecuadas, como una paja cilíndrica hueca, contribuye a su baja resistencia. En contraste, la edificación 2, con adobes de composición granular fina y contenido orgánico, supera los estándares mínimos de resistencia a compresión establecidos por la normativa peruana, gracias a la presencia de fibras naturales que actúan como rigidizadores. La adobera 1, con una composición granular fina y alto contenido de fibra natural, demuestra un excelente comportamiento mecánico, superando tanto la resistencia a compresión como la tracción por flexión de otras estructuras. En general, la calidad de los componentes del adobe, como el tipo de suelo y la presencia de fibras naturales, juega un papel crucial en la determinación de la resistencia mecánica, y la adobera 1 destaca como la más robusta en este estudio.

Del mismo modo (BRISEÑO , 2020) desempeñó la investigación cuyo objetivo fue analizar el comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya. Material y método: Se emplearon agregados pétreos en la mezcla. Después de obtener los materiales necesarios, se calculó la proporción del concreto para lograr una resistencia de diseño de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, con un asentamiento de 6 – 9 cm. Este diseño es convencional en la industria de la construcción. A partir de esta dosificación, se elaboró vigas de concreto sin fibra y con fibra de cabuya, como población se elaboró Vigas de concreto sin fibra y con fibra de cabuya, se ensayó 03 muestras para cada ensayo, ensayadas a los 14, 28 y 60 días. Resultados: A los 14 días, la muestra reforzada con fibra de cabuya dispersa mostró un aumento del 6,0% en la resistencia a la flexión, mientras que la muestra reforzada con fibra longitudinal experimentó una disminución del 20,1% en comparación con la muestra sin fibra. A los 28 días, la muestra con fibra de cabuya dispersa mantuvo el incremento del 6,0%, mientras que la muestra con fibra longitudinal presentó una reducción del 19,5% respecto a la muestra sin fibra. A los 60 días, la muestra reforzada con fibra de cabuya mostró un aumento del 14,7% para la fibra dispersa y del 7,5% para la fibra longitudinal en comparación con la muestra sin fibra. En conclusión, la muestra reforzada con fibra de cabuya dispersa evidenció incrementos en la resistencia a la flexión del 6,0% a los 14 días, del 6,0% a los 28 días y del 14,7% a los 60 días en comparación con la muestra sin fibra. Por otro lado, la muestra reforzada con fibra longitudinal presentó reducciones del 20,1% a los 14 días, del 19,5% a los 28 días y del 7,5% a los 60 días respecto a la muestra sin fibra. En resumen, los ensayos de flexión realizados en muestras de concreto con resistencia $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14,

28 y 60 días indican que las muestras con fibras dispersas consistentemente muestran la mayor resistencia.

Así mismo en la investigación que realizó (CATALAN, 2019), cuyo objetivo de estudio fue analizar el comportamiento sísmico de viviendas de adobe típicas mediante la simulación de un sismo y sus efectos en modelos a escala 1:2 utilizando una mesa vibradora. La base teórica se centró en investigar cómo se comportan las viviendas de adobe ante eventos sísmicos, para lo cual se realizaron pruebas dinámicas que simulan un sismo sobre un modelo a escala 1:2 en la mesa vibradora. Las casas construidas con adobe son particularmente vulnerables a la falta de resistencia durante un sismo. Para llevar a cabo el experimento, se utilizó una mesa vibradora biaxial de aluminio, con dimensiones de 4 x 4 metros y capacidad para soportar modelos de hasta 20 toneladas. El movimiento de la mesa se activa mediante cuatro actuadores horizontales y cuatro verticales. Su sistema de control digital permite gestionar en tiempo real cinco grados de libertad, ya sea de forma independiente o simultánea, abarcando dos desplazamientos (horizontal y vertical) y tres rotaciones. Los desplazamientos máximos que puede alcanzar son de ± 150 mm en dirección horizontal y ± 75 mm en dirección vertical. Además, las aceleraciones máximas que puede generar son de 1.2 g y 2 g en las direcciones horizontal y vertical, respectivamente. También cuenta con un sistema de adquisición de datos capaz de manejar 96 canales, y el intervalo de frecuencias aplicables varía entre 0.1 y 50 Hz, como población se ha empleado Modelos a escala 1:2 de viviendas de adobe y una muestra de 2 modelos: uno sin refuerzo y otro reforzado. La metodología empleada fue de tipo aplicada con nivel de investigación correlacional, así mismo los Resultados fueron los siguientes: en los modelos sin refuerzo; a 14 días: Primeras fisuras en esquinas de puertas y ventanas, a 28 días: Grietas más pronunciadas en zonas identificadas, a 60 días: Grietas verticales en esquinas interiores y exteriores, agrietamientos en cumbrera del muro transversal y en modelo reforzado se obtuvo menor nivel de daño en comparación al modelo sin refuerzo, a 100% de intensidad: Grietas en esquinas de puertas y ventanas, grietas diagonales en muros longitudinales así mismo a 200% y 300% de intensidad: Prolongación de grietas en muros longitudinales y Finalmente se concluyó indicando que el modelo reforzado, es decir, aquel que cuenta con refuerzo, experimentó una reducción en el período de vibración de hasta un 60%. La curva de períodos de vibración del modelo sin refuerzo, obtenida durante las pruebas, mostró un comportamiento frágil y muy flexible. Se observó una



notable pérdida de rigidez desde niveles bajos de aceleración, lo que resultó en agrietamiento visible. Debido al daño alcanzado, la rigidez del modelo sin refuerzo se redujo hasta un 90.5% en comparación con su rigidez inicial, presentando una distorsión máxima del 2.07%. En contraste, la curva de períodos del modelo reforzado evidenció una pérdida de rigidez más gradual y menos pronunciada, con una variación lineal antes de que aparecieran las primeras grietas visibles. En cuanto al porcentaje de amortiguamiento crítico, el modelo sin refuerzo comenzó con un valor promedio del 7.3%, mientras que el modelo reforzado disminuyó a 4.1%. Esto indica que, a medida que aumentaba la rigidez, el porcentaje de amortiguamiento crítico se reducía. Además, el coeficiente de cortante basal resistido por el modelo sin refuerzo (0.41) fue inferior al del modelo reforzado (0.7), lo cual se atribuye a la baja resistencia y rigidez del mortero de adobe, así como a las oquedades entre juntas y piezas y al daño progresivo del modelo. En conclusión, el refuerzo del modelo resultó en un comportamiento más robusto y con un grado de daño significativamente menor en comparación con el modelo sin refuerzo. La magnitud de las grietas se redujo, lo que demuestra la eficacia de esta técnica de refuerzo, que es simple y práctica.

b) A nivel nacional

De la misma forma se tiene diferentes antecedentes a nivel nacional de los cuales (MANTILLA, 2019) realizó la investigación cuyo objetivo fue determinar la variación en las propiedades físico-mecánicas del adobe con adición de la viruta y caucho en porcentajes de 2%, 3% y 5%. Donde la base teórica se enmarca en La adición de viruta y caucho como fibras puede influir en la resistencia a la compresión, flexión, absorción y saturación total del adobe. La variación en los porcentajes de adición de estas fibras ofrece un enfoque experimental para determinar los efectos cuantitativos en las propiedades del adobe. Se espera que estas adiciones proporcionen beneficios, como una mayor resistencia y resistencia a la absorción de agua, sin comprometer la integridad estructural del material, La población objeto de estudio incluye todos los bloques de adobe disponibles, mientras que la muestra específica para esta investigación está compuesta por 245 bloques de adobe elaborados con diferentes porcentajes de adición de viruta y caucho. Estos bloques se utilizaron para evaluar las propiedades físico-mecánicas del adobe bajo las condiciones establecidas. La metodología aplicada es de investigación experimental,

y se obtuvieron los siguientes resultados: el extracto de Cabuya requiere un mínimo de cinco días de maceración y hasta diez días para activar sus propiedades estabilizantes, lo que resulta en una mejor resistencia al agua. La resistencia a la compresión del adobe estabilizado aumenta en un 9.6%, mientras que la resistencia a la flexión experimenta un notable incremento del 133.7%. Además, se observa una mejora significativa en la resistencia a la absorción del adobe estabilizado, y el extracto de Cabuya se demuestra como un estabilizante efectivo, comparable a la cal o el cemento. En conclusión, el extracto de Cabuya favorece considerablemente la estabilización del adobe, mejorando su resistencia al agua y reduciendo casi a cero el daño causado por inmersión y chorro de agua en el adobe estabilizado con Cabuya. Finalmente, la resistencia a la compresión del adobe estabilizado aumenta en un 9.6%, resaltando su mejorada fortaleza estructural.

También se tiene según (BENITES, 2020) la investigación cuyo objetivo era evaluar la factibilidad de la Cabuya o Fuerce andina como estabilizador del adobe tradicional, se centra como base teórica en evaluar la factibilidad de utilizar la Cabuya o Fuerce andina como estabilizador del adobe tradicional. La Cabuya se somete a un proceso de maceración, y se busca determinar su efectividad como estabilizante en el adobe. La investigación se apoya en la comparación de las propiedades del adobe estabilizado con Cabuya respecto a las pruebas estándar de resistencia a la compresión, flexión y resistencia al agua. La población a la que se refiere la investigación es el conjunto total de adobes tradicionales que pueden ser estabilizados con Cabuya y la muestra está compuesta por los adobes que fueron sometidos al proceso de estabilización con extracto de Cabuya. Material y Método: Se procedió a evaluar la preparación del extracto de cabuya mediante un proceso de maceración que varió entre cinco y veinte días antes de su incorporación al adobe. Se consideraron tres períodos de maceración distintos, y se evaluó el rendimiento del adobe estabilizado a través de pruebas que incluyeron la resistencia a la compresión, flexión, la exposición al agua mediante la prueba del chorro de agua y el ensayo de inmersión. Como Resultado se tiene que el extracto de cabuya requiere un tiempo mínimo de cinco días de maceración, y al menos diez días para activar sus propiedades estabilizantes y lograr una mayor resistencia al agua. La resistencia a la compresión y flexión experimentó un aumento del 9.6% y 133.7% respectivamente, mientras que se observó una mejora sustancial en la resistencia a la absorción. Se destacó que el extracto de cabuya demuestra ser un estabilizante efectivo, comparable



a la cal o el cemento, finalmente se Concluye que el extracto de cabuya contribuye de manera significativa a la estabilización del adobe, mejorando su resistencia al agua y reduciendo prácticamente a cero los efectos adversos causados por la inmersión y el chorro de agua en el adobe. Es relevante mencionar que la resistencia a la compresión experimenta un aumento del 9.6%.

Así mismo, (ROMERO y otros 2019) realizó la investigación con el objetivo de determinar las propiedades físico-mecánicas del adobe tradicional en comparación con el adobe estabilizado con asfalto. Este enfoque se sustenta como base teórica en la necesidad de evaluar alternativas de estabilización que mejoren las características estructurales del adobe, un material de construcción con una larga historia. También se destaca la importancia de asegurar la resistencia y durabilidad del adobe, considerando el asfalto como un posible estabilizador. La población total del estudio está compuesta por 126 muestras de adobe, y la muestra específica incluye 20 unidades individuales de adobe seleccionadas de la población total. El método utilizado corresponde a una investigación cuantitativa, con un enfoque descriptivo y un diseño cuasi-experimental. Los resultados obtenidos indican que los adobes tradicionales presentan una resistencia promedio de 9.76 Kg/cm², lo cual está por debajo del estándar normativo establecido por la norma E-080, que exige una resistencia mínima de 12 Kg/cm². Por otro lado, las unidades de adobe estabilizadas al 5% con asfalto muestran una resistencia a la compresión promedio de 14.87 Kg/cm², mientras que las unidades estabilizadas al 10% con asfalto alcanzan una resistencia promedio de 17.68 Kg/cm². En conclusión, los adobes tradicionales tienen una resistencia promedio de 9.76 Kg/cm², inferior al estándar requerido por la norma E-080, mientras que las unidades estabilizadas al 5% y al 10% con asfalto presentan resistencias a la compresión significativamente superiores.

Del mismo modo, (MORENO, 2019) realizó la investigación con el objetivo de comparar las propiedades del adobe sumergido en lechada de agua-cemento con los estándares establecidos por la Norma E.080. Material y Método: Se utilizó una muestra de 350 adobes. La investigación es de tipo cuantitativa y emplea un diseño cuasi-experimental. Resultados: Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión tanto del adobe sumergido en lechada de agua-cemento como del adobe normal. El promedio de las cuatro mejores muestras evaluadas fue de 36.88 Kgf/cm², superando el valor mínimo requerido por la norma (10.2 Kgf/cm²). Conclusión: Se concluye que



las propiedades de las muestras de adobe sumergido en lechada de agua-cemento muestran un incremento significativo.

En la investigación de (CARHUANAMBO, 2019) cuyo objetivo fue determinar las propiedades del adobe compactado con adición de viruta al 1.5%, 3.0% y 4.5% y adición de aserrín de Eucalipto al 1.5%, 3.0% y 4.5%. La base teórica se basa en la hipótesis de que la adición de estos materiales (viruta y aserrín de Eucalipto) puede influir en las propiedades mecánicas y de absorción de agua del adobe, proporcionando datos valiosos para la mejora de este material de construcción. La población total en este estudio consta de 140 bloques de adobe y La muestra está compuesta por 6 unidades de adobe para cada combinación de porcentajes de adición de viruta y aserrín de Eucalipto donde la metodología empleada es de tipo experimental y los Resultados obtenidos son: donde resistencia a la Compresión: para Viruta de Eucalipto: 1.5%: 28.04 kg/cm²; 3.0%: 29.79 kg/cm²; 4.5%: 30.94 kg/cm² y para Aserrín de Eucalipto: 1.5%: 21.01 kg/cm²; 3.0%: 18.53 kg/cm²; 4.5%: 13.64 kg/cm² como en cuanto a Resistencia a la Flexión: para Viruta de Eucalipto: 1.5%: 20.67 kg/cm²; 3.0%: 19.38 kg/cm²; 4.5%: 23.34 kg/cm² y para Aserrín de Eucalipto: 1.5%: 18.06 kg/cm²; 3.0%: 9.81 kg/cm²; 4.5%: 12.48 kg/cm². Y finalmente se concluye que la adición de viruta parece mejorar las propiedades mecánicas del adobe, mientras que la adición de aserrín tiende a disminuir estas propiedades. Además, la absorción de agua se mantiene más estable con la viruta en comparación con el aserrín.

Así mismo (HUANCACHOQUE y otros 2019) realizó la investigación con el objetivo de evaluar el comportamiento del adobe elaborado según la Norma E.080, al que se le añadió diferentes porcentajes de mucílago de gigantón. Se realizaron ensayos para medir la variación de dimensiones, la resistencia a la compresión, el porcentaje de absorción, el porcentaje de succión capilar y la resistencia a la compresión de testigos saturados. Además, se compararon los resultados obtenidos con los del adobe tradicional artesanal producido en el sector adoberos del distrito de San Jerónimo, Cusco. La población total consistió en 126 testigos de adobe, de los cuales se seleccionaron 50 como muestra. Esta investigación utilizó una metodología cuantitativa, con un enfoque descriptivo-correlacional y un método hipotético-deductivo. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión del adobe con un 9% de mucílago de gigantón fue de 15.35 ± 0.172 Kg/cm², mientras que los testigos tradicionales artesanales alcanzaron 7.55 ± 0.186 Kg/cm². Por otro lado, el

adobe saturado con un 7% de mucílago de gigantón mostró una resistencia a la compresión de $12.54 \pm 0.246 \text{ Kg/cm}^2$, en comparación con los testigos tradicionales artesanales saturados que presentaron $3.95 \pm 0.168 \text{ Kg/cm}^2$. En conclusión, se determinó que el mucílago de gigantón, utilizado como estabilizante, ha demostrado mejoras significativas en la resistencia a la compresión del adobe. La adición del 9% de mucílago de gigantón resultó en valores notablemente superiores en comparación con los testigos tradicionales artesanales y también mejoró significativamente la resistencia a la compresión en adobes saturados frente a los testigos tradicionales artesanales saturados.

c) A nivel regional/local

Se identifican antecedentes locales que muestran el uso del adobe como material de construcción en países tanto desarrollados como en vías de desarrollo. En este contexto, la investigación se llevó a cabo en la región de Apurímac, específicamente en las áreas rurales y de bajos recursos del departamento, según lo indicado por Aliaga y Gonzales (2020). Este estudio se basa en un enfoque experimental que permitió realizar diversos ensayos de laboratorio con los materiales de construcción para determinar sus características y propiedades mecánicas, así como para verificar su cumplimiento con los estándares establecidos. Los ensayos incluyeron la evaluación de la naturaleza del suelo, sus características, y pruebas de compresión y tracción.

En cuanto al análisis de las unidades de adobe y el refuerzo con agave, se destacó la importancia del porcentaje adecuado de arcilla en la mezcla durante su elaboración. Este componente favorece la cohesión de las partículas para formar el barro, controlando así la aparición de fisuras durante el secado. Por ello, se realizaron ensayos de granulometría para determinar los porcentajes óptimos de lino, arena y arcilla, además de pruebas de límite líquido y plástico para clasificar el tipo de suelo según lo establecido por Rímac (2016).

Los resultados obtenidos mostraron que todos los modelos superaron la resistencia mínima a la tracción de la geomalla (3.5KN/m). En particular, el prototipo T10 exhibió la mayor resistencia, alcanzando 11.0KN/m . También se observó una correlación entre el diámetro y la resistencia de las mallas de agave, indicando que un mayor diámetro se traduce en una mayor resistencia. El modelo T3 fue



considerado el más eficaz, logrando una resistencia de 5.0 KN/m con un diámetro de 0.5 cm y un espaciamiento de 3 cm (Aliaga & Gonzales, 2020).

A diferencia del último modelo propuesto que utiliza malla de maguey para reforzar muros, esta propuesta implica envolver completamente los muros de adobe con material tejido. Esto contribuye a aumentar la resistencia mediante el confinamiento y proporciona rigidez a las paredes (Aliaga & Gonzales, 2020). La construcción del adobe generalmente se realiza in situ, utilizando materiales locales fácilmente disponibles en el área. Para elaborar los 10 bloques de adobe (5 tradicionales y 5 del nuevo diseño), se necesitó mezclar aproximadamente 180 kilos de material con agua y arena medida con dos latas. Siguiendo las normativas del Ministerio de Vivienda (2017), se dejó reposar la mezcla durante 48 horas antes de colocarla en el molde, y luego se dispusieron los bloques en un entorno abierto para su secado.

Como conclusión principal del primer objetivo, se fabricaron bloques de adobe siguiendo el diseño de mezcla propuesto, que consistió en un 60% de arcilla y limo, 15% de agua, 10% de paja y 15% de arena, conforme a las directrices del Ministerio de Vivienda (2017). Este proceso resultó en una resistencia a la compresión de 13.53 Kg/cm², lo que representa un incremento del 17.59% en comparación con el adobe tradicional, según lo indicado por Aliaga y Gonzales (2020).

3.2 Marco teórico

3.2.1 Sistema de reforzamiento basados en mallas a base de fibras naturales según la normativa E.080

Esta teoría se basa en la integración de dos estudios clave, cuyos resultados se detallan a continuación: La investigación de (PEDRAZA, 2019) examina la reutilización de fibras de plátano para su refuerzo con polímeros en la fabricación de tejas destinadas a zonas rurales. En este estudio, se emplearon fibras extraídas del pseudotallo en un tejido biaxial, logrando soportar una carga de 153.3 kg, lo que evidenció una mayor resistencia en comparación con el tejido uniaxial. La principal conclusión señala que, para mejorar la resistencia, es fundamental disponer las fibras en ambas direcciones.

Por otro lado, según el estudio de (MORENO & MORI ,2021) tuvo como propósito analizar el impacto del refuerzo con mallas de carrizo en la estabilidad estructural de viviendas con muros de adobe. Se determinó que la resistencia a la



compresión en pilas estándar y reforzadas fue de 4.4 kgf/cm² y 5.0 kgf/cm², respectivamente. En cuanto a los muros de menor tamaño, la resistencia a la compresión diagonal sin refuerzo fue de 0.6 kgf/cm², mientras que con refuerzo alcanzó los 0.7 kgf/cm². El hallazgo más significativo indica que la incorporación de mallas de carrizo en los muros contribuye a reducir en un 49% la vulnerabilidad sísmica, al tiempo que mejora en un 14% la resistencia a la compresión axial.

3.2.1.1 Características del adobe

En este párrafo se detalla algunas recomendaciones para la conformación del adobe, se recomienda utilizar suelo con una gradación de arcilla entre 10-20%, limo entre 15-25% y arena entre 55-70%, evitando el uso de suelos orgánicos, la adición de paja al adobe y mortero permite regular el agrietamiento durante el secado, según estipulado en (Norma E.080, 2017), las adoberas generalmente tienen dimensiones de 40 x 40 x 10 cm y 30 x 15 x 10 cm, y el material es introducido en las gaveras de madera, tal como se observa en la figura N° 1 (BLONDET, 2019).



FUENTE: Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas.

Figura 1 — Modelo de gavera para la elaboración de las muestras de adobe

3.2.1.2 Factores que influyen en la resistencia de las unidades de adobe

Según la norma E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada), las propiedades del suelo que más influyen en la resistencia de las unidades de adobe están asociadas al proceso de contracción durante el secado y

a la resistencia del material en estado seco, entre estas propiedades destacan:

- Arcilla: Componente principal del suelo, responsable de proporcionar resistencia en seco y de generar la contracción por secado.
- Control de micro fisuración: Es fundamental manejar las fisuras en el mortero de barro, ocasionadas por la contracción durante el secado, para lograr una albañilería de adobe resistente.
- Aditivos: Materiales como la paja y, en menor medida, arena gruesa, se utilizan para reducir las micro fisuras en el mortero durante el secado, lo que contribuye a mejorar la resistencia de la estructura de adobe.
- Construcción: La habilidad de la mano de obra desempeña un papel clave en la calidad de la albañilería, influyendo significativamente en la resistencia final, con variaciones que pueden alcanzar hasta el 100%.

3.2.1.3 Condiciones de la tierra a utilizar para la elaboración de las unidades

Después de verificar la presencia de arcilla en un suelo mediante la prueba "Cinta de barro" y la prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca", es fundamental equilibrarla u optimizarla para controlar o prevenir las fisuras durante el secado y mejorar la resistencia seca. Esta resistencia debe cumplir con lo establecido en los numerales 8.1, 8.2 y 8.3 del artículo 8 de la norma E.080 (Diseño y construcción con tierra reforzada).

El control de fisuras se realiza mediante la adición de paja, lo que reduce el agrietamiento del adobe y del mortero durante el secado, utilizando paja o fibras similares.

Si no se dispone de paja, el agrietamiento se puede controlar añadiendo arena gruesa. Para verificar la combinación adecuada de arcilla y arena gruesa, se debe realizar la prueba descrita en el Anexo N°4: "Control de fisuras" o "Dosificación suelo-arena gruesa".



Es crucial gestionar correctamente el contenido de humedad para evitar o minimizar las fisuras de secado. Generalmente, se debe emplear la menor cantidad de agua posible que permita activar la arcilla presente, logrando así la máxima resistencia seca en los muros.

La cantidad de agua utilizada para moldear las unidades de adobe no debe superar el 20% del peso del contenido seco. (Norma E.080)

3.2.1.4 Proceso de elaboración, calidad y dimensiones de las unidades de adobe aplicando la norma E.080

El proceso de fabricación de bloques de adobe, consta de las siguientes etapas: (Blondet, 2010).

Es necesario realizar pruebas de campo para verificar la cantidad suficiente de arcilla y determinar la combinación óptima entre arcilla y arena gruesa.

Preparación del barro: Se zarandea la tierra para eliminar partículas, piedras mayores a 5 mm y otros elementos no deseados.

Hidratación de la tierra: Se humedece la tierra agregándole agua para activar la mayor cantidad posible de partículas de arcilla, dejando reposar la mezcla por un mínimo de 48 horas.

Mezclado y moldeado: Se mezcla el barro con paja de caña, trigo o ichu y luego se introduce en los moldes, alisando la superficie con una regla de madera húmeda.

Secado de los bloques: Los bloques moldeados se colocan bajo tendales para protegerlos del sol y del viento. Además, se espolvorea arena fina sobre ellos para prevenir restricciones durante el proceso de contracción por secado.

El bloque de adobe terminado debe estar exento de materiales extraños, grietas u otros defectos que puedan comprometer su resistencia o durabilidad.

Los bloques de adobe pueden ser de forma cuadrada o rectangular, y en los casos de encuentros o uniones, pueden presentar formas especiales con ángulos distintos a 90°.

Para los bloques cuadrados, el lado no debe exceder los 0.40 m debido a restricciones de peso.

En el caso de los bloques rectangulares, su longitud debe ser el doble de su ancho.

La altura de los bloques de adobe debe estar entre 0.08 m y 0.12 m.



FUENTE: Manual de construcción con adobe reforzado mediante geomallas, Blondet, 2010.

Figura 2 — Métodos para la fabricación de bloques de adobe

3.2.1.5 Prueba de Control de fisuras o Dosificación suelo - arena gruesa

Se elaboran especímenes de prueba consistentes en emparedados formados por dos adobes existentes unidos con morteros nuevos. Estos morteros deben contener la cantidad mínima de agua necesaria para obtener una mezcla trabajable.

En la preparación de los especímenes, se incrementa gradualmente la cantidad de arena gruesa en cada muestra, junto con la cantidad de agua requerida. Se comienza con una proporción de una (01) parte de suelo y cero (0) partes de arena gruesa, equivalente a una proporción 1:0.

Para el segundo espécimen, se utiliza una parte de suelo y $\frac{1}{2}$ parte de arena gruesa, correspondiente a una proporción de 1: $\frac{1}{2}$.

En el tercer espécimen, la proporción es de una parte de suelo y una parte de arena gruesa, es decir, 1:1, y se continúa de esta manera hasta alcanzar la proporción 1:3.

Tras un periodo de secado de 48 horas, los especímenes se abren en el mismo orden para evaluar el agrietamiento del mortero.



La proporción óptima para la albañilería de adobe es aquella en la que el espécimen no presenta fisuras visibles.

Si el suelo, pese a contar con suficiente arcilla, no muestra fisuras en ninguno de los especímenes, significa que no es necesario añadir arena gruesa, ya que está equilibrado.

3.2.1.6 Diseño para la elaboración de adobe

El adobe es un material de construcción compuesto principalmente de arcilla, limo, arena y fibras naturales. Su correcta dosificación es clave para garantizar su resistencia y durabilidad. En este documento se presenta un diseño de mezcla basado en la Norma E.080 y en estudios previos, con el objetivo de optimizar la calidad del adobe reforzado con fibras naturales.

a) Materiales y Propiedades

Según la Norma E.080 (Diseño y Construcción con Tierra Reforzada) Los materiales empleados en la mezcla de adobe y sus proporciones recomendadas son:

Tabla 1 — Proporciones para una composición ideal de la mezcla de adobe

INSUMO	RANGO	
	Mínimo	Máximo
Arena	55%	70%
Arcilla	10%	20%
Limo	15%	25%
Paja	7%	10%
Agua	12%	15%
Otros	0.50%	1%

FUENTE: Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017.



b) Propiedades de los Materiales

- Arcilla y limo: Proporcionan cohesión y resistencia mecánica al adobe.
- Arena: Reduce la retracción y previene la aparición de grietas durante el secado.
- Paja: Actúa como refuerzo, distribuyendo esfuerzos y reduciendo la formación de fisuras.
- Agua: Permite la hidratación de la arcilla, facilitando el moldeo.
- Otros: Estabilizantes como mucílago de gigantón o estiércol pueden mejorar la resistencia del adobe

Es fundamental que la tierra utilizada contenga proporciones equilibradas de arena y arcilla. La adición de un porcentaje adecuado de arena gruesa en suelos con alto contenido de arcilla ayuda a reducir la aparición de fisuras, mejorando así su capacidad portante. Por otro lado, la arcilla, en una cantidad óptima, garantiza la cohesión entre las partículas, permitiendo la formación adecuada del barro. Por ello, en nuestra propuesta de mezcla para la elaboración de las unidades de adobe, se adoptarán las proporciones establecidas en la tabla 5 obtenidas de (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

Tabla 4 — Proporciones para nuestro diseño de mezcla

INSUMOS	CANTIDAD
Arcilla y limo	60%
Arena	15%
Paja	10%
Agua	15%
Otros	0.50%



c) Proporciones de Diseño y Dosificación

Para la elaboración del adobe según Blondet et al. (2010) se recomienda la siguiente dosificación basada en equivalencias prácticas como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 5 — Tabla de dosificación para la elaboración de las unidades

INSUMO	EQUIVALENCIAS
Tierra	5 latas
Arena	1 lata
Paja	1 lata
Agua	1/2 lata

FUENTE: Manual de Construcción con Adobe Reforzado con Geomallas, por, Blondet, Vargas, Torrealva y Rubiños, 2010.

d) Procedimiento de Mezclado

- Para la preparación del suelo, se debe zarandear la tierra para eliminar impurezas y partículas mayores a 5 mm, y luego dejarla en reposo por al menos 48 horas tras agregar agua.
- Para el mezclado, se debe incorporar progresivamente arena y paja a la tierra hidratada, y amasar la mezcla hasta obtener una consistencia homogénea y trabajable.
- Para el moldeado y compactación, se debe verter la mezcla en moldes de madera o metálicos, y compactar y alisar la superficie con herramientas adecuadas.
- Para el secado, se deben colocar los adobes en áreas ventiladas y protegidas del sol directo, y girar los bloques periódicamente para un secado uniforme.



e) Control de Calidad

Según la norma E.080(Diseño y Construcción con Tierra Reforzada) Para asegurar la resistencia adecuada del adobe, se deben realizar pruebas de:

- Prueba de resistencia a compresión axial, Según la Norma E.080, el adobe debe tener una resistencia mínima a la compresión de 10 kg/cm². Esto asegura que los bloques de adobe sean lo suficientemente fuertes para ser utilizados en la construcción de muros y otras estructuras.
- Prueba de absorción de agua, Según la Norma E.080, la absorción de agua no debe ser mayor al 20% del peso seco del adobe. Esto es importante porque un alto nivel de absorción de agua puede debilitar el material y hacerlo más susceptible a daños por humedad.
- Prueba de fisuración, La Norma E.080 establece que se debe realizar una evaluación visual de las fisuras tras 48 horas de secado. Esta evaluación permite identificar y controlar las grietas que pueden formarse durante el proceso de secado, asegurando así la calidad y durabilidad del adobe.

El diseño de mezcla propuesto cumplirá con los estándares normativos y permite fabricar adobes con mayor resistencia y menor fisuración. Su correcta aplicación contribuirá a mejorar la estabilidad estructural de viviendas en zonas rurales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

3.2.1.7 Mortero para las juntas

según la norma E.080 (Diseño y Construcción con Tierra Reforzada) el mortero, empleado para unir los bloques de adobe en las juntas debe contar con una composición similar a la de la mezcla utilizada en su fabricación, también debe estar compuesto por barro, al cual se le puede añadir paja o arena gruesa para mejorar su propiedad.



3.2.1.8 Sistema estructural del cimiento y sobrecimiento en edificaciones

Según lo estipulado en (Norma E.080, 2017); El sistema estructural para las edificaciones de tierra debe comprender los siguientes:

3.2.1.9 Cimentación

Conforme a lo indicado en la Norma E.050 (Suelos y Cimentaciones), Algunas condiciones que considerar son:

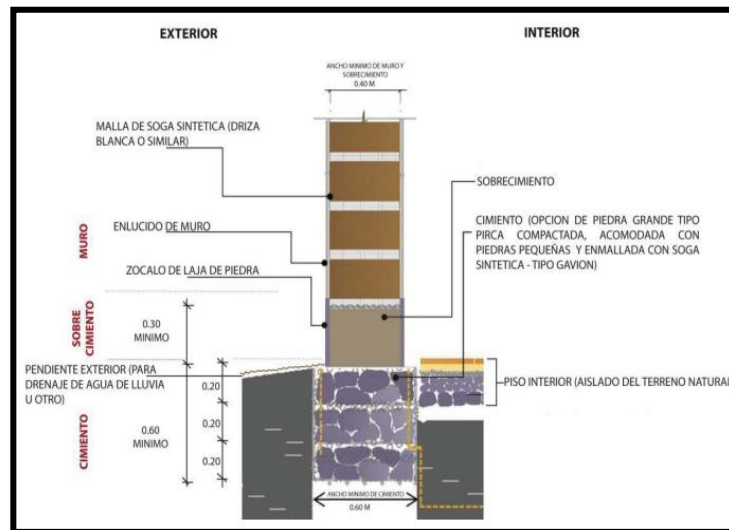
- Garantizar la transferencia de cargas a un terreno estable
- Prevenir la ascensión de humedad hacia los muros de tierra.
- Asegurar que los cimientos tengan una profundidad mínima de 0.60 m desde el nivel del terreno natural y un ancho mínimo de 0.60 m.
- Se pueden utilizar distintos tipos de cimentación, como pirca acomodada con piedras pequeñas, concreto ciclópeo o albañilería de piedra con mortero de cemento o una mezcla de cal y arena gruesa.

3.2.1.10 Sobrecimiento

Algunas condiciones que considerar:

- Debe transferir las cargas al cimiento.
- Es fundamental proteger el muro de la erosión y del fenómeno de ascensión capilar.
- El sobrecimiento debe elevarse al menos 0.30 metros por encima del nivel del terreno y tener un ancho mínimo de 0.40 metros.
- Se pueden emplear diferentes tipos de sobrecimiento, como albañilería de piedra con mortero de cemento y arena gruesa, así como concreto ciclópeo.





FUENTE: Norma E.080, Diseño y construcción con tierra reforzada

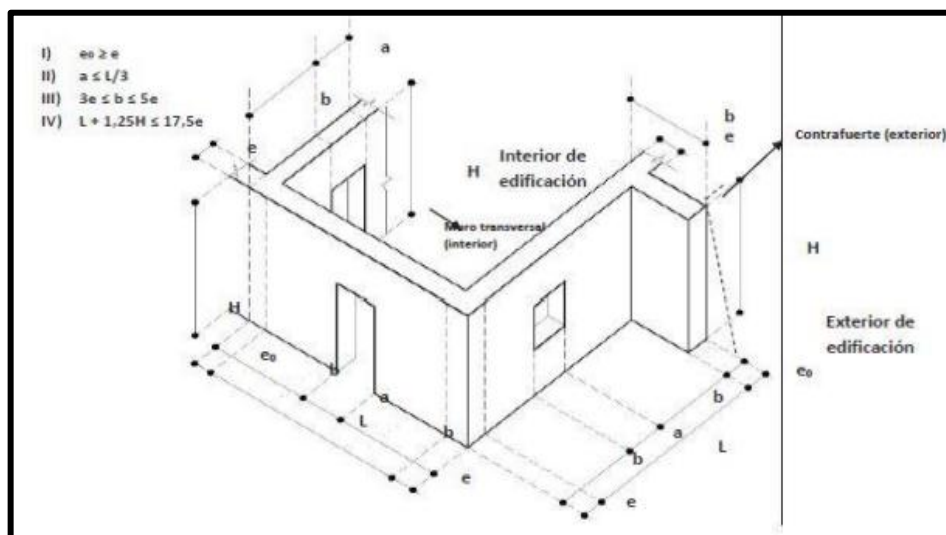
Figura 3 — Se presenta un esquema de cimentación para edificaciones

3.2.1.11 Muros de adobe

Los muros desempeñan un papel fundamental en la resistencia, estabilidad y respuesta sísmica de una edificación construida con tierra reforzada. Su diseño debe basarse en criterios que aborden tanto la resistencia estructural como la estabilidad y el desempeño global de la construcción. Se recomienda que los tímpanos estén elaborados con materiales similares a los empleados en los techos, como madera, caña o fibra vegetal, para garantizar que sea ligero, estabilidad y una adecuada conexión con la cubierta, según (Norma E.080).

Asimismo, se considera viable el uso de muros curvos o configuraciones poligonales, lo que podría requerir la fabricación de adobes con formas específicas. En caso de utilizar ladrillos de forma cuadrada o rectangular, se sugiere que las juntas verticales no excedan los 30 mm en su punto más ancho. Por otro lado, en la técnica del tapial, es posible emplear moldes de forma circular. (NORMA E.080, 2017).





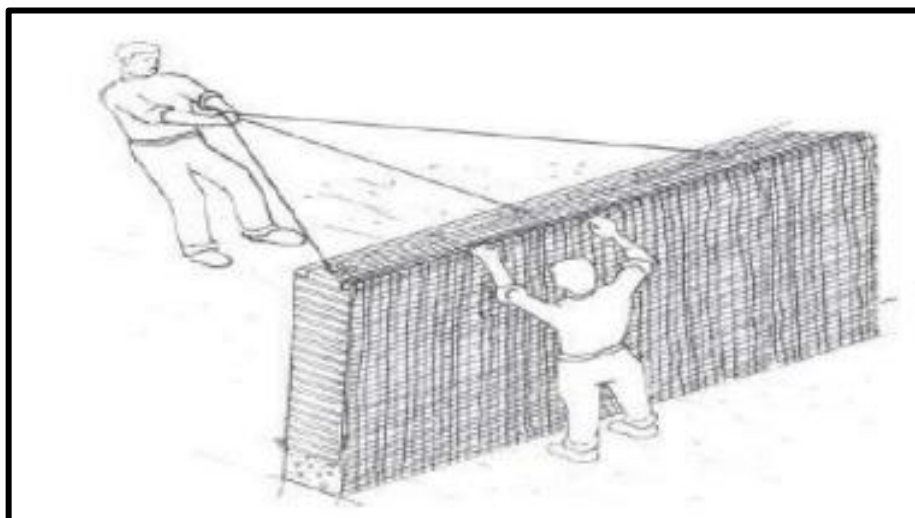
FUENTE: Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada

Figura 4 — Se presenta una propuesta de Límites geométricos de muros y vanos

La primera dimensión a tener en cuenta son las características físicas. Para producir un adobe con propiedades adecuadas, se realizan diversas pruebas: la prueba de "cinta de barro", la prueba de "resistencia en seco", la evaluación de la resistencia del adobe y la medición del contenido de humedad. En este trabajo, se considera el alabeo como un indicador; conforme a la norma (NTP ITINTEC 331.017), el alabeo en las unidades de albañilería no debe superar los 10 mm, tanto en convexidad como en concavidad. Un alabeo que exceda este límite puede provocar juntas más anchas y generar espacios vacíos en el mortero. Los sismos pueden causar daños considerables a las estructuras, siendo las edificaciones de adobe las más vulnerables en comparación con otros materiales, ya que los movimientos sísmicos afectan en todas las direcciones y transmiten cargas en ambos sentidos. Esto puede resultar en fallas como flexión y corte, especialmente en edificaciones no reforzadas durante sismos de alta magnitud.

Para mejorar la resistencia de los muros de adobe ante estas fallas, la (NORMA E.080, 2017) especifica varios tipos de refuerzos externos que deben instalarse en ambas caras de los muros o en arriostres verticales. Estos refuerzos deben estar revestidos, anclados al cemento y a la viga

collarín, además de ser integrados en el revoque. En este proyecto se emplean geomallas.



FUENTE: Norma E.080, Diseño y construcción con tierra reforzada

Figura 5 — Se ilustra una propuesta de colocación de geomallas

3.2.1.12 Justificación de la propuesta de refuerzo

El uso de refuerzos externos en las paredes de viviendas de adobe tiene como objetivo retrasar el colapso de la estructura durante fenómenos naturales como los terremotos. Diversos estudios han propuesto distintos métodos de refuerzo utilizando materiales variados, tales como tablas de madera, cuerdas de $\frac{1}{2}$ pulgada, malla de gallinero, mallas electrosoldadas y geomallas, entre otros. Una opción para mejorar la seguridad de las viviendas de adobe es reforzar sus muros con geomallas, específicamente mallas de polipropileno. Las viviendas que reciben este tipo de refuerzo externo presentan un mejor desempeño frente a los sismos, lo que aumenta la seguridad de los habitantes.

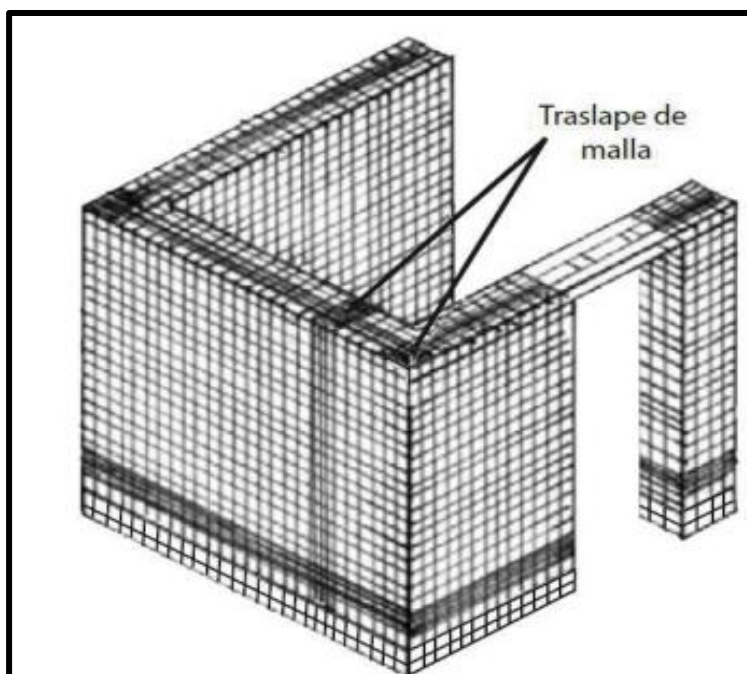
La propuesta de reforzamiento para muros de adobe está compuesta por los siguientes componentes esenciales: la mezcla de adobe (insumo con el que se prepara los bloques de adobe y el mortero) y la malla de agave que envuelve externamente los bloques de adobe (BLONDET M, 2017).



3.2.1.13 Refuerzos externos e internos basados en el uso de mallas

En algunos casos, el comportamiento sísmico de la mampostería de adobe se caracteriza por el colapso repentino de los muros, lo cual se debe a su naturaleza frágil y a la falta de resistencia a los esfuerzos de tracción. Este problema se ve agravado por prácticas constructivas inadecuadas que provocan una unión deficiente entre el mortero y los bloques de los muros, según lo indicado por (TORREALVA y VARGAS, 2016). Además, la mampostería de adobe, al ser masiva y pesada, genera altos niveles de fuerza sísmica, como señalaron (BLONDET, 2017). Este conjunto de factores contribuye a las vulnerabilidades en los muros.

- Separaciones en las uniones entre muros adyacentes.
- Aparición de grietas en las esquinas de muros y vanos
- Desprendimientos de fragmentos de muro en forma de grandes bloques.
- Separación de la estructura de la cubierta.



FUENTE: Norma E.080, Diseño y construcción con tierra reforzada

Figura 6 — Modelo de refuerzo exterior e interior basados en uso de mallas

3.2.1.14 Revestimiento de muros

El revestimiento de muros de adobe reforzados con mallas de fibras de agave es una técnica empleada para aumentar la resistencia y rigidez de las estructuras de estos muros. Esta metodología implica fijar mallas de fibras de agave al muro de adobe utilizando clavos de 1 ½” y cubrirlas con una capa de mortero. La incorporación de mallas de fibras de agave en el revestimiento de los muros de adobe reforzados mejora tanto la resistencia a la compresión diagonal como la flexión del muro, lo que lo hace más resistente a terremotos y otros eventos sísmicos. (ARQUINUBE, 2021).

3.2.1.15 Fibras de agave

Las fibras son materiales naturales y sostenibles que se obtiene de las hojas de la planta de agave. Esta fibra es conocida por su resistencia, durabilidad y biodegradabilidad, lo que la convierte en una alternativa ecológica a las fibras sintéticas y otros materiales naturales como el algodón (PINEDA y URIBARRI, 2014).

El objetivo de utilizar fibras naturales como refuerzos externos es evitar el colapso de los muros en caso de fallas, aprovechando las propiedades de elongación que poseen estas fibras. Además, se pretende convertir estos desechos vegetales en materiales renovables. (PINEDA y URIBARRI, 2014).

3.2.1.16 Características del agave

La planta conocida como maguey, también llamada Cabuya o Agave Americana, tiene una estructura robusta con hojas dispuestas en forma de roseta, que son gruesas y carnosas, y se encuentran sobre un tallo corto cuya base no sobresale del suelo. Estas hojas son rígidas, presentan márgenes y espinas en la parte superior, y contienen insulina en su interior, además de producir fructosa, Tradicionalmente, se ha utilizado principalmente para la fabricación de sogas y cordelería. Sin embargo, en la actualidad, su versatilidad ha crecido, encontrando aplicaciones en la producción de papel, filtros, colchones, tapetes y tapicería. (PINEDA y URIBARRI, 2014).



3.2.1.17 Propiedades físico mecánicas del maguey

El agave es una planta resistente y versátil que se encuentra en la región mesoamericana. La fibra de agave es utilizada en diversas aplicaciones, como la producción de cuerdas, tapetes, bolsas, entre otros. En cuanto a sus propiedades físico-mecánicas, la densidad linear de la fibra de agave varía dependiendo de la especie y la región donde se cultiva, pero generalmente se encuentra en el rango de 5 a 10 decitex según (CASTILLO y QUIROZ, 2017).

La resistencia a la tensión de la fibra de agave es alta, y puede variar entre 200 y 600 MPa. Además, la fibra de agave tiene una alta resistencia a la fatiga y a la abrasión, lo que la hace ideal para su uso en aplicaciones de alta exigencia (VELAZQUEZ y RAMOS, 2020).

Tabla 6 — Propiedades físicas de las fibras de coco, Abacá y Agave

Fibra	Resistencia a la tracción	Elongación
Fibra de coco	112.6 N/g.m.	20.43%
Abacá	215.9 N/g.m.	2.59%
Agave	232.3N/g.m.	2.59%

FUENTE: Según la investigación titulada "Efectos de diferentes fibras naturales en la fuerza de los bloques de tierra combinados estabilizados" realizada por, Velázquez y Ramos, 2020, las fibras de maguey presentan una alta resistencia a la tracción.

En el análisis de las propiedades mecánicas del Agave Americana, específicamente en cuanto al módulo de elasticidad y el esfuerzo a la ruptura, se observan valores significativos. El módulo de tracción varía entre 7 y 22 GPa, mientras que la resistencia a la tracción se sitúa entre 340 y 700 MPa. Estos valores son notablemente altos, aunque la tensión de ruptura, que oscila entre 3 y 15%, es relativamente baja en

comparación con los otros parámetros mencionados. Esta información corresponde al estudio realizado por (BESSADOK y otros, 2018).

Es relevante destacar que las diferencias en estos valores dependen de varios factores, incluyendo la estructura y composición de las fibras, así como las condiciones de medición tales como temperatura, humedad, dimensiones de las fibras y otros aspectos relacionados con el cumplimiento de los estándares. Estas variaciones pueden influir en el rendimiento mecánico del material en aplicaciones prácticas (BESSADOK y otros, 2018).

Tabla 7 — Valores medios de módulo de tracción (E), resistencia a la rotura (σ), deformación de rotura (ϵ) de fibras de Agave no tratadas

Radio de fibras de agave (μm)	σ (Mpa)	ϵ (%)	E(Gpa)
60 - 80	154 \pm 47	16.4 \pm 8.2	2.9 \pm 1.2
80 - 100	65 \pm 42	13.6 \pm 11.9	1.9 \pm 0.6
100 - 120	80 \pm 12	22.3 \pm 6.0	1.3 \pm 0.2
120 - 140	70 \pm 21	19.1 \pm 10.7	1.4 \pm 0.3
60 - 140	100 \pm 32	19.3 \pm 8.2	1.7 \pm 1.1
FUENTE: Bessadok y otros, 2018			

Para comprender la propuesta de reforzamiento de los muros de adobe utilizando fibras de agave que proporcionen mayor resistencia, es fundamental detallar la técnica de refuerzo que se implementará, así como la procedencia y el proceso de extracción del maguey.

3.2.1.18 Control de calidad de la fibra de agave

El control de calidad en la fabricación de mallas de fibra de agave es fundamental para garantizar su resistencia mecánica, durabilidad y desempeño en el refuerzo estructural de muros de adobe. Este modelo

define los criterios y procedimientos de control de calidad desde la selección de materias primas hasta la validación del producto final, siguiendo una metodología similar a la aplicada en geomallas sintéticas (ASTM International. 2017)

a) Materias Primas y Especificaciones

Las materias primas son los recursos básicos que se utilizan en la producción de bienes y servicios, el economista (SAMUELSON, P. y NORDHAUS, W. 2009) en su libro "Economics" señala lo siguiente:

Tabla 8 — Especificaciones de las mallas de agave

Material	Función	Criterios de calidad
Fibras de agave	Elemento estructural de la malla de fibra de agave	Resistencia ≥ 200 MPa, uniformidad en grosor
Hilo de refuerzo	Unión y refuerzo de la malla	Fibra natural tratada, torsión uniforme
Resina adhesiva	Protección y cohesión	Biodegradable, alta adherencia
Agua	Maceración y flexibilidad de la fibra	pH neutro, libre de impurezas

FUENTE: Samuelson y Nordhaus, 2009

b) Proceso de dosificación y elaboración

En la investigación llevada a cabo por (BESSADOK y otros, 2018) sobre materiales sostenibles y refuerzos estructurales, se menciona el proceso de elaboración de las mallas de fibra de agave, que se detalla a continuación:

- Para la selección y preparación de las fibras, las hojas de agave deben tener un mínimo de 3 años de maduración; la extracción se realiza mediante desfibradoras mecánicas o manuales, y luego se procede al lavado y secado, eliminando impurezas y dejando secar al 50% de humedad relativa.
- Para el tratamiento de las fibras, se realiza una maceración mediante inmersión en agua durante 24 a 48 horas para

umentar la flexibilidad; luego se lleva a cabo un secado controlado para reducir la humedad hasta el 10-15%, y finalmente se procede al trenzado y torsión para crear hilos estructurales con una resistencia mínima de 150 MPa.

- Para el tejido de la malla, se debe configurar la abertura a 5 cm o 10 cm, según el diseño estructural; la unión de fibras se asegura mediante entrelazado mecánico o resinas biodegradables, y el secado final se realiza en un ambiente controlado con una temperatura $\leq 30^{\circ}\text{C}$.

c) Control de Calidad

El control de calidad, según (ASTM International, 2017), se refiere a la serie de procedimientos y técnicas utilizados para garantizar que los productos y materiales cumplan con los estándares y especificaciones establecidos.

Tabla 9 — Cuadro de control de calidad de las fibras de agave

Ensayo	Parámetro Evaluado	Criterio de Aceptación
Resistencia a tracción	Carga máxima soportada (MPa)	≥ 200 MPa
Módulo de elasticidad		4 – 6 GPa
Densidad de la malla	Gramos por metro cuadrado	150-250 g/m ²
Tamaño de abertura	(cm)	5cm - 10cm
Contenido de humedad	(%)	10% - 15%
Flexibilidad	Deformación antes de la rotura	$\geq 10\%$ elongación
Durabilidad	Resistencia a humedad y temperatura	Sin degradación visible tras 100 ciclos
FUENTE: Extraído de ASTM International, 2017. ASTM D4595-17:		

d) Instalación de mallas

La instalación de mallas, según ASTM International, implica una serie de pasos y procedimientos para asegurar que las mallas se coloquen correctamente y cumplan con su función estructural.

Para garantizar la efectividad del refuerzo estructural, se aplican los siguientes controles durante la instalación: verificación del anclaje adecuado de la malla a la estructura, control de la tensión y alineación de la malla sobre la superficie de los muros, e inspección visual y de medición de deformaciones tras la colocación (ASTM International. 2017).

(Bessadok y otros, 2008), en su investigación sobre materiales sostenibles y refuerzos estructurales, mencionan que este modelo garantiza la fabricación de mallas de fibra de agave con propiedades adecuadas para el refuerzo estructural de adobe. La implementación de controles en cada fase del proceso permite obtener un producto de calidad, competitivo con geomallas sintéticas y adecuado para construcciones sostenibles.

3.2.1.19 Resistencia a tracción de los prototipos

Según la investigación de (Aliaga, S. & Gonzales E. 2020), en su estudio titulado "Propuesta de las mallas de fibra de maguey para mejorar la resistencia de muros, Colcabamba", se determinó que todas las pruebas realizadas superaron la resistencia mínima a la tracción de la geomalla, establecida en 3.5 KN/m. El prototipo que mostró la mayor resistencia fue aquel con un diámetro de 0.8 cm y un espaciamiento de 5.0 cm, alcanzando una resistencia de 11.0 KN/m. Además, se observó una relación directa entre el diámetro de las mallas de agave y la resistencia obtenida: a mayor diámetro, mayor resistencia.

El modelo T3 se identificó como el más eficiente, con una resistencia media a la tracción de 5.0 KN/m cuando se aplica una carga axial sobre el fragmento de malla. Para cumplir con los objetivos del estudio, se utilizaron datos sobre el diámetro de las cuerdas y las aberturas de las

mallas, extraídos del mismo trabajo de Aliaga y Gonzales. Este estudio demuestra que el modelo con un espaciamiento de 5 cm y un diámetro de 0.80 cm supera los resultados obtenidos con geomallas convencionales, lo que sugiere que esta propuesta es una opción óptima para el uso de fibras de agave en el refuerzo estructural (Aliaga, S. & Gonzales E. 2020).

Tabla 10 — Resultados de resistencia a tracción de los prototipos

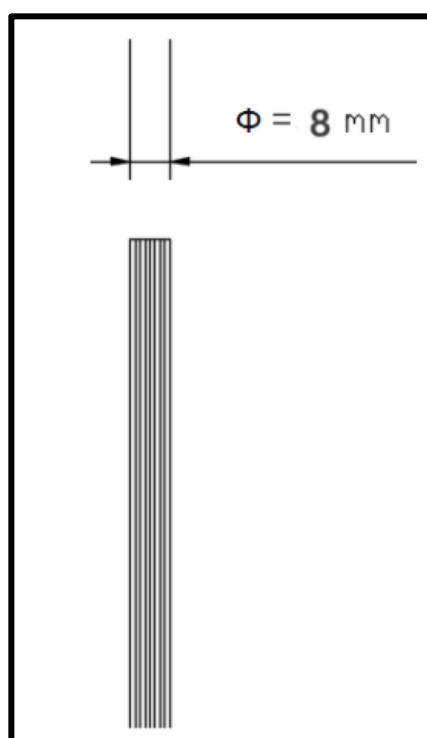
N° de espécimen	αf (KN/m)
T1	7.6
T2	5.9
T3	5
T4	8
T5	6.1
T6	5.1
T7	8.9
T8	6.7
T9	5.6
T10	11
T11	8.1
T12	6.2
FUENTE: Extraído de la investigación de Aliaga, S. & Gonzales E. 2020.	

3.2.1.20 Prediseño de la cuerda de la malla

El prototipo de cuerda utilizado en este proyecto de investigación está compuesto por aproximadamente 30 fibras de maguey, formando una cuerda con un diámetro cercano a 8mm. Las cuerdas están tejidas en un patrón biaxial, creando aberturas rectangulares de 5 cm y 10 cm en cada

lado. En los puntos de unión, estas cuerdas proporcionan estabilidad tanto estructural como dimensional al elemento, tal como se menciona en el estudio de (Raid & K., 2012). Este diseño se asemeja al de las geomallas, permitiendo comparar los valores de resistencia a la tracción entre ambos tipos de refuerzo.

El objetivo de utilizar estos modelos es identificar el prototipo más adecuado para proteger a los habitantes de las viviendas contra los desplazamientos laterales que pueden ocurrir durante movimientos sísmicos y otros factores adversos.



NOTA: En la investigación de (ALIAGA y GONZALES, 2020), se menciona que el diámetro de la cuerda, conocido como grosor de la misma, es de aproximadamente 0.80 cm. Este dato es relevante dentro del estudio titulado "*Propuesta de las mallas de fibra silvestres para mejorar la resistencia de muros, Colcabamba*", donde se analiza el uso de estas cuerdas como parte de un sistema de refuerzo estructural para mejorar la resistencia de las construcciones frente a factores como sismos y otros movimientos laterales.

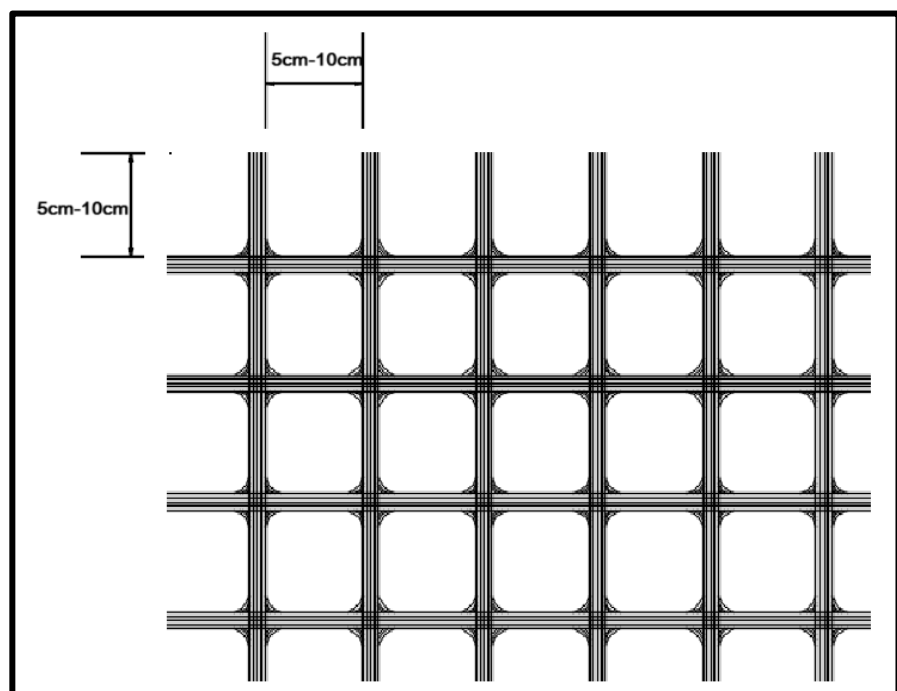
FUENTE: Elaboración propia

Figura 7 — Prototipo de la cuerda de agave

3.2.1.21 Prediseño de la malla de agave

Al agrupar las fibras extraídas del maguey, se procederá a confeccionar una malla diseñada para asegurar la unión de los muros, especialmente en situaciones sísmicas. En tales circunstancias, los muros de adobe son propensos a separarse y agrietarse, lo que puede resultar en colapsos debido a fallas frágiles. Por esta razón, se proponen mallas naturales del tipo biaxial, que son capaces de proporcionar estabilidad estructural y dimensional en los puntos de unión. Este diseño es fundamental para mejorar la resistencia de las edificaciones frente a los desplazamientos laterales provocados por movimientos sísmicos (Aliaga, S. & Gonzales, E. 2020).

El modelo del prototipo de la malla y los detalles de la unión se ilustran en las imágenes que se presentan a continuación. Las geomallas biaxiales, utilizadas en este contexto, son estructuras bidimensionales que ofrecen una alta resistencia a la tracción y un efecto de confinamiento, lo que resulta beneficioso para la estabilización y refuerzo de muros. Además, su capacidad para redistribuir esfuerzos contribuye a mitigar el riesgo de fallas estructurales durante eventos sísmicos (RAID K., 2012).



FUENTE: Elaboración propia

Figura 8 — Prototipo de la malla de fibra de agave

3.2.2 Sistemas de reforzamiento basados en mallas electrosoldadas

Este sistema se basa en el fortalecimiento mediante el uso de una malla electrosoldada, como se detalla en el estudio llevado a cabo en la Pontificia Universidad Católica del Perú por (SAN BARTOLOME, 2011), La investigación consistió en someter a pruebas un muro de concreto armado a escala real bajo cargas cíclicas, controladas por desplazamiento, tanto antes como después de la intervención de refuerzo. Durante el experimento, se notó que el muro original falló debido al corte, mientras que el muro reforzado presentó un fallo por flexión. Además, se estableció que la rigidez lateral elástica del muro reparado alcanzó el 85% de la rigidez del muro original. La resistencia del muro con refuerzo fue un 40% superior a la del muro sin refuerzo, y la ductilidad se incrementó en un 35%.



FUENTE: Extraído de San bartolome, 2011.

Figura 9 — Sistemas de reforzamiento con malla electrosoldada

3.2.3 Sistema de reforzamiento basados en mallas de acero

Esta teoría implica el fortalecimiento mediante el uso de malla de acero, según se detalla en la investigación realizada por (LUJÁN, 2016), también llevada a cabo en la PUCP. En este caso, se sometieron a pruebas tres muros de concreto armado a escala real, tanto antes como después de la intervención de refuerzo, bajo cargas cíclicas controladas por desplazamientos. Los resultados mostraron un aumento del 36% en la ductilidad y un incremento del 32% en la resistencia máxima en



comparación con los muros sin refuerzo. No obstante, la rigidez no se recuperó completamente, manteniéndose aproximadamente un 7.8% por debajo del valor del muro original.



FUENTE: Extraído de Luján, 2016

Figura 10 — Sistemas de reforzamiento con malla de acero

3.2.3.1 Polímeros reforzados con fibra (FRPs)

A pesar del rendimiento sobresaliente observado tras el refuerzo en sistemas que utilizan malla electrosoldada y malla de acero, se han identificado algunas limitaciones. Estas desventajas están relacionadas con los costos y el tiempo requeridos para la instalación, así como con el aumento de masa que se añade a la estructura. Por esta razón, a finales del siglo XX, comenzó a crecer la investigación y aplicación de polímeros como materiales de refuerzo. Los Polímeros Reforzados con Fibras (FRP, por sus siglas en inglés) están compuestos por fibras de alta resistencia impregnadas en una resina polimérica. Ofrecen una solución práctica, ya que prácticamente no incrementan el peso de la estructura, son fáciles de manejar, flexibles, se instalan rápidamente y presentan un excelente rendimiento en términos de resistencia a la tracción y durabilidad. ((QUAGLIANIRI, 2016); (GATTESCO, 2017)). Además, los FRP son particularmente adecuados para el refuerzo de patrimonios culturales debido a su naturaleza no invasiva, permitiendo aplicaciones no intrusivas.



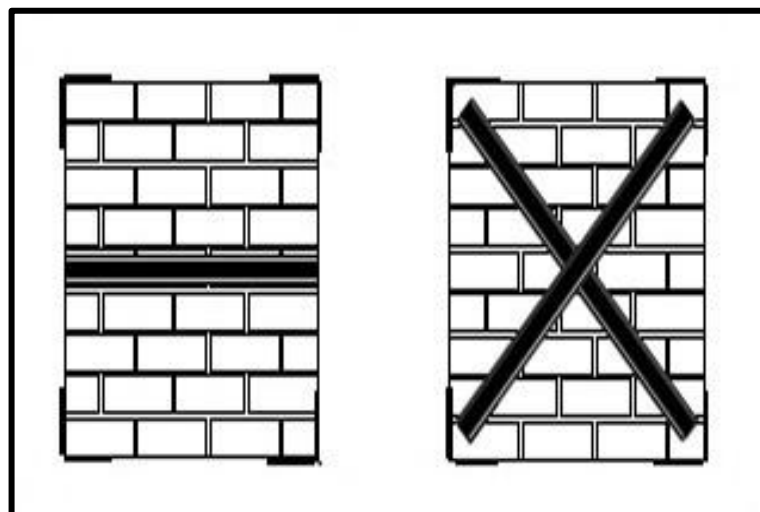
La eficacia de esta técnica de refuerzo depende del tipo de fibra utilizada. Los principales tipos incluyen Polímero Reforzado con Fibra de Carbono (CFRP), Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio (GFRP) y Polímero Reforzado con Fibra de Aramida (AFRP). La aplicación de CFRP en la albañilería se considera un método muy efectivo para mejorar la capacidad y la integridad de la mampostería de ladrillo expuesta a cargas laterales. En la PUCP, los investigadores San Bartolomé y Coronel (2009) evaluaron la efectividad del CFRP como refuerzo estructural. Durante el experimento, se sometió un muro de concreto armado a una carga cíclica controlada por desplazamientos, tanto antes como después del refuerzo. Se observó que el muro original falló por corte y que hubo delaminación en las bandas de FRP del muro reforzado. Cuantitativamente, se destacó que la rigidez inicial del muro reforzado fue del 50% en comparación con el muro original. Además, la resistencia del muro reforzado fue un 22% mayor que la del original, y su ductilidad superó a la del muro original, mostrando una capacidad de deformación un 73% mayor. En conclusión, se resalta que el proceso de refuerzo ayudó a controlar la apertura de las grietas.



FUENTE: Extraído de San Bartolomé y Coronel, 2009.

Figura 11 — Muro de AC reforzado con CFRP.

La disposición de las bandas de CFRP es un factor que influye en la respuesta sísmica de los muros de albañilería, siendo las configuraciones horizontal y diagonal las más comúnmente empleadas. Por su parte (SANTA MARIA, 2014) realizó un estudio experimental que permitió comparar el rendimiento posterior al refuerzo entre muros de albañilería con configuraciones diagonal y horizontal. Los resultados mostraron que la disposición diagonal es más efectiva que la horizontal en términos de resistencia al corte, logrando aumentar la resistencia de los muros no reforzados en hasta un 70%. La rigidez también se incrementó con la configuración diagonal, mientras que la disposición horizontal de las láminas de FRCP no tuvo un impacto significativo en la rigidez. Además, ambas configuraciones lograron reducir el grosor y la extensión de las fisuras, lo que resultó en una disminución de las fallas frágiles por corte. Sin embargo, se debe tener precaución al utilizar esta técnica, especialmente en situaciones de cargas elevadas de compresión, ya que las láminas de FRCP tienden a despegarse del muro debido a su limitada resistencia a los esfuerzos de compresión.

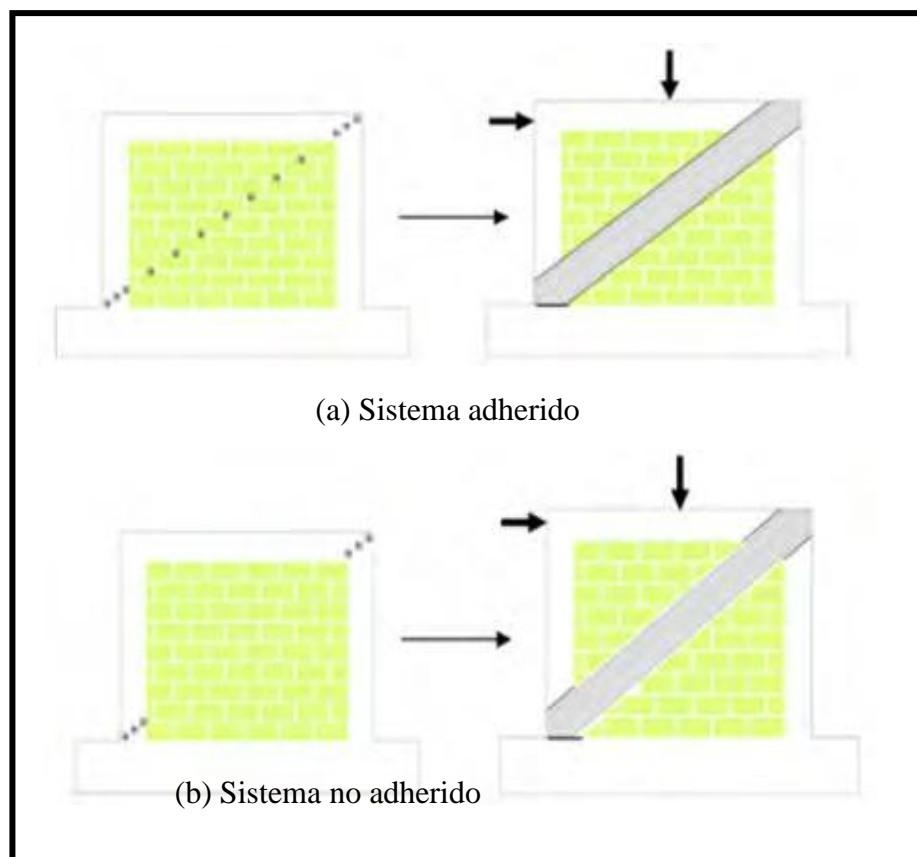


FUENTE: Extraída de Santa María, 2014

Figura 12 — Configuración horizontal y diagonal de CFRP

La efectividad del comportamiento está relacionada con la adherencia parcial o total de las bandas de CFRP. En un estudio realizado por (KASSEM , 2016), se llevaron a cabo pruebas en muestras reforzadas

utilizando configuraciones tanto adheridas como no adheridas de fibra de carbono, como se ilustra en las imágenes 03 (a) y (b), respectivamente.



FUENTE: Extraída de Kassem , 2016

Figura 13 — Configuración de CFRP

Se determinó que ambas configuraciones aumentan la capacidad lateral final del muro de concreto armado (AC) en una proporción que oscila entre el 34% y el 95%. La ductilidad también experimenta un aumento que va desde el 64% hasta el 104%. No obstante, entre las dos técnicas, el sistema no adherido se destaca como el más dúctil debido al efecto de la longitud no adherida entre los puntos de anclaje.

Otra estrategia ampliamente utilizada es la aplicación de GFRP. En el año 2009, COR ONEL llevó a cabo un análisis sobre la eficacia de la técnica de refuerzo mediante varillas de fibra de vidrio en la PUCP. Para ello, sometieron a prueba un muro de concreto armado a escala real mediante cargas cíclicas en el plano, tanto antes como después del refuerzo. El muro original presentó un fallo por corte. Durante la



rehabilitación, se instalaron varillas de fibra de vidrio horizontalmente cada dos hiladas. Los resultados indicaron que la rigidez inicial del muro reforzado fue el 73% de la del muro original, y la resistencia no experimentó un aumento significativo, siendo de menos del 3%.

3.2.4 Teoría a utilizar en la investigación

Al realizar un análisis comparativo de las dos últimas teorías, se llega a la conclusión de que ambos métodos de refuerzo comparten funcionalidades similares. Ambas teorías se centran en muros de albañilería confinada, utilizando materiales como electrosoldados y alambres metálicos. Sin embargo, el enfoque de este trabajo de investigación se orienta hacia el uso de fibras naturales. Esta elección se fundamenta en el propósito de no alterar las condiciones económicas de la población en estudio y, además, de evitar generar una mayor contaminación ambiental.

Es por estos motivos que se excluyen las dos teorías mencionadas, y se decide adoptar la primera teoría, que se basa en el refuerzo estructural mediante fibras naturales conforme a la Norma E.080, 2017. Esta teoría se adapta de manera más idónea a las necesidades específicas de la presente investigación. Al optar por este enfoque, se espera no solo cumplir con los objetivos planteados, sino también avanzar en la demostración de la viabilidad y eficacia de utilizar fibras naturales en el refuerzo estructural de muros, siguiendo las normativas establecidas.

3.3 Marco conceptual

a) Adobe

El adobe es un material de construcción que se elabora a partir de una mezcla de arcilla, limo y arena, con proporciones específicas: 10% - 20% de arcilla, 15% - 25% de limo y 55% - 70% de arena. Para evitar y controlar las fisuras que pueden surgir durante el secado, se incorpora materia vegetal o estiércol en la mezcla. La resistencia del adobe proviene principalmente de la arcilla utilizada en su composición. Este material se vierte en moldes conocidos como gaveras para su formación.

Una de las características fundamentales a considerar es su propiedad física, que define su idoneidad como material de construcción. Según la norma técnica, el adobe debe ser macizo y libre de defectos que puedan comprometer su durabilidad y resistencia (BLONDET, 2019).



b) Muros de adobe

Los muros de adobe se caracterizan por ser paredes gruesas construidas con filas de unidades de tierra cruda, a menudo mezcladas con paja y/o agregado grueso para mejorar su resistencia y durabilidad. En la actualidad, este tipo de construcción es más prevalente en áreas rurales, donde el acceso a los materiales es más sencillo. Sin embargo, es crucial prestar atención a la calidad del adobe para prevenir fisuras y agrietamientos en el futuro.

Para asegurar la integridad estructural, el adobe no debe superar los 10 cm de altura, y la junta del mortero debe mantenerse por debajo de 2 cm. Además, es fundamental seguir las dimensiones adecuadas, evitar edificaciones de más de un nivel, contar con planos elaborados por un especialista y construir sobre un terreno limpio, nivelado y simétrico. Estas consideraciones son esenciales para garantizar la durabilidad y seguridad de las estructuras de adobe (BLONDET, 2019).

c) Reforzamiento estructural

El reforzamiento estructural es un proceso destinado a mejorar la resistencia y estabilidad de las edificaciones mediante la incorporación de elementos estructurales que aumenten su capacidad de carga y reduzcan su vulnerabilidad frente a eventos sísmicos, vientos u otros factores. Este tipo de reforzamiento en muros también requiere un diagnóstico previo de la estructura, así como una evaluación de las cargas y solicitaciones a las que está expuesta, junto con un diseño adecuado para las soluciones de refuerzo. Es crucial que las técnicas de reforzamiento estructural se ajusten a las características y necesidades específicas de cada edificación, y que se lleven a cabo utilizando materiales y métodos apropiados para asegurar la seguridad y durabilidad de la construcción. (GIRIBAS, 2017)

d) Resistencia al corte

La resistencia al corte se refiere a la capacidad de un material para soportar la separación de sus componentes debido a un esfuerzo cortante. En el caso de los muros de adobe que están reforzados con mallas de fibras de agave, esta resistencia se incrementa gracias a la incorporación de las fibras de agave, las cuales funcionan como un refuerzo en el material (HIGASHI, 2021).

e) Rigidez

La rigidez es la característica que define la capacidad de una estructura para resistir las fuerzas o esfuerzos aplicados sin experimentar deformaciones elásticas significativas que puedan comprometer su funcionamiento o seguridad. Se trata de



una medida cuantitativa de la resistencia a las deformaciones elásticas que un material presenta ante una fuerza o esfuerzo, y refleja la habilidad de un elemento estructural para soportar cargas sin sufrir grandes deformaciones. En otras palabras, la rigidez indica cuán bien un material puede resistir la deformación bajo carga. Generalmente, se mide como la relación entre la fuerza aplicada y el desplazamiento resultante. Existen diferentes tipos de rigidez en ingeniería, como la rigidez axial, flexional, torsional y la rigidez frente a esfuerzos cortantes (HIGASHI, 2021).

f) Ductilidad

La ductilidad es la capacidad de una estructura de deformarse plásticamente sin romperse ante una carga aplicada, también se refiere a la capacidad de una estructura de disipar la energía proveniente de acciones extremas como sismos o impactos, formando articulaciones plásticas en las vigas o columnas, y evitando el colapso de la estructura, de la misma forma se distingue como una propiedad deseable en las estructuras, ya que permite advertir la falla con anticipación por las grandes deformaciones que se producen, y también reduce la demanda de fuerza en los elementos estructurales al redistribuir los esfuerzos internos, esto va depender del tipo de material, de la geometría de la sección, del confinamiento, del detallado de la armadura, y de la relación entre la resistencia a flexión y la resistencia a cortante de la estructura (BARBAT, 2018).

g) Resistencia a la compresión:

La característica que determina la calidad estructural y la capacidad de resistir las condiciones climáticas y otros agentes externos que podrían causar daño a la estructura, se define como cualidad esencial (ENCISO, 2016). En el caso de los elementos de albañilería, la resistencia a la compresión representa un atributo crucial, y los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio guardan proporción directa con la resistencia y durabilidad de dichos elementos. De esta manera, valores elevados indican una calidad estructural adecuada, mientras que valores más bajos señalan un déficit estructural (NORMA E.080, 2017).

h) Resistencia a la flexión:

La resistencia a la flexión es la característica que evalúa el esfuerzo que un material soporta cuando se le aplica una carga en la cara longitudinal del muro, hasta que se produce su fallo; en este punto, se determina el valor máximo de la carga que pudo resistir (NTP.399.613, 2003). Esta resistencia, también conocida como resistencia a la rotura transversal, mide la capacidad de un material para resistir el doblado o la



rigidez de una muestra utilizada en ensayos como si fuera una viga (SHACKELFORD, 2017).

i) Ensayo de compresión diagonal:

El ensayo de compresión diagonal, también conocido como prueba de compresión diagonal de bloques de mampostería, es un método utilizado para evaluar la resistencia a la compresión diagonal de materiales de mampostería, como bloques de concreto o ladrillos. En este procedimiento, se aplica una carga externa en dirección diagonal, lo que provoca una falla por tracción diagonal que hace que la mampostería se fisure en paralelo a la dirección de la carga aplicada. Este tipo de ensayo es fundamental en ingeniería estructural, ya que ayuda a entender cómo los elementos de mampostería responden a las fuerzas diagonales que pueden presentarse en una estructura. (FERNANDEZ VAQUEIRO, 2015).

j) El Agave

El maguey, conocido también como Cabuya o Agave Americana, es una planta resistente que presenta hojas en forma de roseta, gruesas y carnosas, dispuestas sobre un tallo corto cuya piña inferior permanece bajo el nivel del suelo. Sus hojas son rígidas y cuentan con espinas en los bordes y en la punta. Esta planta almacena insulina y produce fructosa. Su uso principal ha sido en la fabricación de sogas y cordelería, pero en la actualidad también se emplea en la producción de papel, filtros, colchones, tapetes y tapicería. Además, se está utilizando cada vez más para reforzar materiales compuestos de plástico, especialmente en componentes de automóviles (OSINFOR, 2022).

k) Mallas de fibras naturales:

Se trata de un tejido artesanal elaborado con caña carrizo chancada, entrelazada y con los bordes doblados para evitar que se desarme. Este material representa una alternativa sostenible a las mallas convencionales empleadas en la construcción y la agricultura. Estas mallas están confeccionadas con fibras de agave, que son biodegradables y resistentes a las condiciones climáticas. Se utilizan para controlar la erosión del suelo, proteger las plantas de animales y fenómenos climáticos, así como en la construcción de muros y techos verdes. Además, las mallas de fibras de agave son más económicas que las mallas tradicionales y no requieren maquinaria especializada para su instalación. (OSINFOR, 2022).



l) Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad es una medida que indica la rigidez de un material, describiendo la relación entre la tensión aplicada y la deformación resultante. En términos simples, este módulo evalúa la resistencia de un objeto a sufrir deformaciones elásticas. De acuerdo con la ley de Hooke, la tensión es proporcional a la deformación dentro de la región elástica, y la pendiente de esta relación corresponde al módulo de elasticidad. Este se expresa en unidades de presión, como pascales (Pa) o libras por pulgada cuadrada (psi). En ingeniería, el módulo de elasticidad se utiliza frecuentemente para el diseño de estructuras y componentes que deben soportar cargas. (NORMA TECNICA E.070, 2017).

m) Alargamiento de la malla

El alargamiento de la malla se refiere a la expansión de la malla de refuerzo dentro de una estructura. Esto puede ser necesario para ajustarse a modificaciones en el diseño. El alargamiento de la malla de refuerzo es un factor clave para evaluar tanto la resistencia como la durabilidad de la malla. Se utiliza para mejorar la resistencia de los revestimientos ante tensiones y diferencias de carga, con el objetivo de prevenir fisuras y desprendimientos en los revestimientos de los muros. La malla de refuerzo debe instalarse a la mitad del espesor del revestimiento, manteniéndose equidistante entre el exterior y el soporte, para asegurar una adecuada distribución del refuerzo y soportar las cargas estructurales. (SAIZ RUIZ, 2021).

n) Ensayo de tracción:

El ensayo de tracción es una prueba mecánica que se realiza para evaluar la resistencia de un material a la tracción. Durante este ensayo, se somete una muestra del material a una fuerza axial de tracción que aumenta gradualmente hasta que se produce su ruptura. Esta prueba mide la resistencia del material frente a una fuerza estática o aplicada lentamente. Las velocidades de deformación en un ensayo de tracción suelen ser bastante bajas ($\epsilon = 10^{-4}$ a 10^{-2} s⁻¹). A través de un ensayo de tracción, se pueden determinar diversas propiedades de los materiales elásticos, como el módulo de elasticidad o módulo de Young, el coeficiente de Poisson, el límite de proporcionalidad, el límite de fluencia o límite elástico aparente, el límite elástico convencional o práctico, la carga de rotura o resistencia a la tracción, el alargamiento



en el momento de la rotura, la longitud calibrada, así como la reducción de área y estricción. (Tecnología Industrial II, 2018).



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Este estudio se clasifica como aplicado, ya que se aplicaron los principios científicos y tecnológicos para mejorar el rendimiento estructural del muro de adobe convencional mediante la incorporación de fibras ecológicas de agave. Para tener efectos en la resistencia, rigidez y ductilidad de la estructura.

La investigación aplicada se concentra en abordar problemas prácticos y específicos mediante la aplicación de conocimientos científicos y herramientas disponibles. Su objetivo es generar soluciones concretas que mejoren la calidad de vida de las personas y tengan un impacto positivo en la sociedad y el sector productivo (CONCYTEC, 2020). En este contexto, la presente investigación aplicada se centra en la problemática identificada y se justifica con el propósito de obtener resultados a través de ensayos de laboratorio que permitan analizar la influencia en el comportamiento estructural de los muros de adobe en términos de resistencia, rigidez y ductilidad.

4.1.2 Nivel de investigación

El presente estudio de investigación se adscribe al nivel correlacional, ya que se propone establecer la conexión entre dos o más variables sin intervenir en su manipulación directa, en concordancia con la perspectiva (SAMPIERI, 2014).

Al abordar la primera variable, que se centra en el reforzamiento estructural, se llevará a cabo un análisis con un enfoque que tiene como meta mejorar las características estructurales esenciales para garantizar la seguridad y estabilidad de las viviendas.

Por otro lado, al considerar la segunda variable representada por las mallas de fibras de agave, se destaca su carácter innovador y su aplicación específica en el fortalecimiento de los muros de adobe, con un propósito subyacente de asegurar



una mayor capacidad a la tracción de dichos muros, introduciendo así una propuesta que no solo busca ser económica, sino también sostenible desde una perspectiva ambiental.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño adoptado para esta tesis se fundamenta en el método experimental, ya que se busca medir y evaluar el impacto de la variable independiente sobre la variable dependiente. Este enfoque implica la manipulación intencionada de una o más variables del estudio, siguiendo las directrices establecidas para el diseño experimental. Todo el proceso se lleva a cabo en condiciones cuidadosamente controladas, con el objetivo de explicar cómo o por qué se genera un evento o situación específica (SAMPIERI, 2014).

Por otro lado, según Sampieri (2014), el estudio se clasifica como una investigación transversal, ya que se enfoca en describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento determinado.

Además, esta investigación tiene un enfoque cuasi-experimental, dado que se construyeron muros de adobe reforzados con fibra de agave para analizar su comportamiento mecánico y determinar sus propiedades estructurales.

4.2.1 Limitaciones

Las limitaciones son las dificultades que surgen debido a la falta de control sobre las variables externas o factores no previstos, y que pueden restringir el alcance de la investigación. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Este estudio presenta ciertas limitaciones que deben tenerse en cuenta al analizar sus resultados. En primer lugar, la disponibilidad de fibras de agave en el centro poblado de Patán, ubicado en la provincia de Cotabambas, región Apurímac, restringe la posibilidad de replicar el proyecto en zonas donde este recurso natural no esté presente. En segundo lugar, las pruebas se realizaron en un entorno de laboratorio con condiciones controladas, lo que podría no representar fielmente las circunstancias reales a las que estarán expuestos los muros reforzados en su entorno natural. Por último, en dicho estudio no se evalúa si las ideas y conceptos del estudio funcionarían de la misma manera en contextos más amplios o con un mayor número de casos, lo que limita su impacto práctico en contextos más amplios.



4.2.2 Delimitaciones

Las delimitaciones determinan el alcance del estudio, definiendo los aspectos concretos que se van a investigar, como la población, las variables, el contexto y el tiempo, para evitar que el estudio se extienda a aspectos no relacionados con el problema de investigación (Sampieri & Collado, 2014).

Por otro lado, la investigación presenta delimitaciones específicas que definen su alcance. Geográficamente, se enfoca exclusivamente en el sector de Patán, distrito de Haquira, provincia de Cotabambas, región Apurímac. En cuanto a los materiales, se analizan únicamente mallas elaboradas con fibras de agave, excluyendo otras posibles alternativas naturales o sintéticas. Asimismo, las pruebas se limitan a evaluar las resistencias a la compresión axial y a la tracción diagonal, sin incluir otros factores estructurales que podrían influir en el comportamiento de las viviendas. Finalmente, el estudio se enfoca solo en su desempeño en un marco temporal limitado, sin evaluar posibles efectos a largo plazo, como desgaste, fatiga de materiales o cambios en su resistencia con el tiempo.

4.3 Descripción ética de la investigación

Los fundamentos éticos significativos en la realización de investigaciones con personas incluyen el respeto, el beneficio y la justicia. Estos principios dan lugar a diversas temáticas esenciales durante la investigación, como la obtención del consentimiento informado de los participantes, la consideración de riesgos y beneficios, la preservación de la validez, la gestión adecuada de los datos y la comunicación, tanto verbal como no verbal, entre otras cuestiones relevantes (ÉTICA EN LA INVESTIGACIÓN, 2017).

El Código de Ética de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (2023), que fue aprobado por el Vicerrectorado de Investigación mediante la Resolución N°010-2018-VRINV-UNAMBA, establece que los docentes, estudiantes, egresados e investigadores externos asociados a la UNAMBA deben llevar a cabo investigaciones que sean relevantes, innovadoras y lógicamente consistentes, alineadas con las áreas de investigación reconocidas por el Vicerrectorado. Los investigadores están obligados a tener un conocimiento profundo de su responsabilidad científica y profesional hacia la sociedad. En particular, es deber y responsabilidad de cada investigador considerar cuidadosamente las consecuencias de realizar y difundir su estudio para las personas involucradas y para la sociedad en su conjunto. Esta responsabilidad no puede ser delegada a otros.



Destaco la referencia a los principios éticos de respeto, beneficio y justicia, los cuales son cruciales para garantizar un tratamiento ético hacia los participantes en la investigación. Además, se tratan aspectos relevantes como la obtención del consentimiento informado, la evaluación de riesgos y beneficios, la validación de los resultados, la gestión de datos y la comunicación apropiada de los hallazgos. También se destaca la importancia de realizar investigaciones pertinentes, originales y coherentes con las líneas de investigación reconocidas, así como el uso eficaz de los recursos asignados y la adhesión a las normativas institucionales y gubernamentales. Resulta alentador observar el énfasis en la responsabilidad científica, garantizando la validez, confiabilidad y credibilidad de los métodos empleados.

La investigación actual se basa en los principios de veracidad y autenticidad. El contenido presentado en los capítulos respeta las citas de acuerdo con la redacción de la teoría y los conceptos que se detallan en la bibliografía, tal como lo establece la universidad, donde se especifican el título y el autor de cada trabajo de investigación.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

Si la población, por el número de unidades que la integran, resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra. En consecuencia, se podrá investigar u obtener datos de toda la población objetivo, sin que se trate estrictamente de un censo. Esta situación debe explicarse en el marco metodológico, en el que se obviaría la sección relativa a la selección de la muestra (ARIAS F., 2012).

En esta investigación, la población está conformada por 6 muros de adobe, seleccionados por su materialidad homogénea, ubicación delimitada, estado estructural y accesibilidad, permitiendo un análisis completo.

Criterios de inclusión: Las viviendas construidas con adobe en el centro poblado de Patán que hayan estado en uso prolongado y presenten signos de desgaste estructural.



Criterios de exclusión: Las viviendas construidas con materiales distintos al adobe, así como aquellas de reciente construcción que no hayan estado expuestas al deterioro por el tiempo y las condiciones ambientales.

4.4.2 Muestra

Según Arias (2012) cuando la población es pequeña y bien definida, se estudia la totalidad de elementos para garantizar mayor precisión y reducir sesgos.

Para esta investigación, la muestra corresponde a la totalidad de los elementos de la población, conformada por 6 muros de adobe, seleccionados bajo criterios de representatividad para realizar los ensayos correspondientes. Estos ensayos incluyen pruebas de resistencia a compresión axial, tracción diagonal, entre otras pruebas adicionales que evalúan el comportamiento estructural de los muros de adobe.

En esta investigación se realizaron cinco ensayos repetitivos con el objetivo de evaluar la resistencia a compresión axial y tracción diagonal, determinando el comportamiento estructural de los muros de adobe. Esta cantidad de ensayos permite obtener una muestra representativa, confiable y precisa del material, reflejando la variabilidad inherente a sus propiedades.

Las normativas técnicas, como la NTP 399.613 y la NTP 399.621, establecen los procedimientos necesarios para garantizar la validez y precisión de los resultados. Estas normativas especifican la cantidad mínima de ensayos requeridos, la cual debe ser de al menos cinco pruebas repetitivas o más. En este estudio, se realizaron un total de 36 ensayos para diferentes pruebas, cumpliendo con los requisitos de exactitud exigidos. Además, el análisis estadístico realizado confirmó que los resultados alcanzaron un intervalo de confianza del 95%, asegurando la fiabilidad de los datos obtenidos.

Este enfoque garantiza una medida sólida de la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos, elementos esenciales para evaluar la consistencia y exactitud en el diseño y construcción de estructuras de adobe.



Tabla 11 — Cantidad de ensayos a realizar

N°	ESPECÍMEN	ESPECIFICACIONES	ENSAYOS
1	Pilas patrón sin refuerzo	0.41mX0.31mX0.15m	5 de compresión axial
2	Muretes patrón sin refuerzo	0.64mX0.64mX0.15m	5 de tracción diagonal
3	pilas reforzadas con mallas de fibras de agave	0.42mX0.32mX0.16m	5 de compresión axial
4	Pilas reforzadas con mallas de fibras de agave	0.42mX0.32Xm0.16m	5 de compresión axial
5	Muretes reforzados con mallas de fibra de agave	0.65mX0.65mX0.16m	5 de tracción diagonal
6	Muretes reforzada con mallas de fibra de agave	0.65mX0.65mX0.16m	5 de tracción diagonal
7	Unidades de adobe	0.31mX0.16mX0.10m	6 a compresión axial
Total, de ensayos a realizar			36 ensayos
FUENTE: Elaboración propia.			

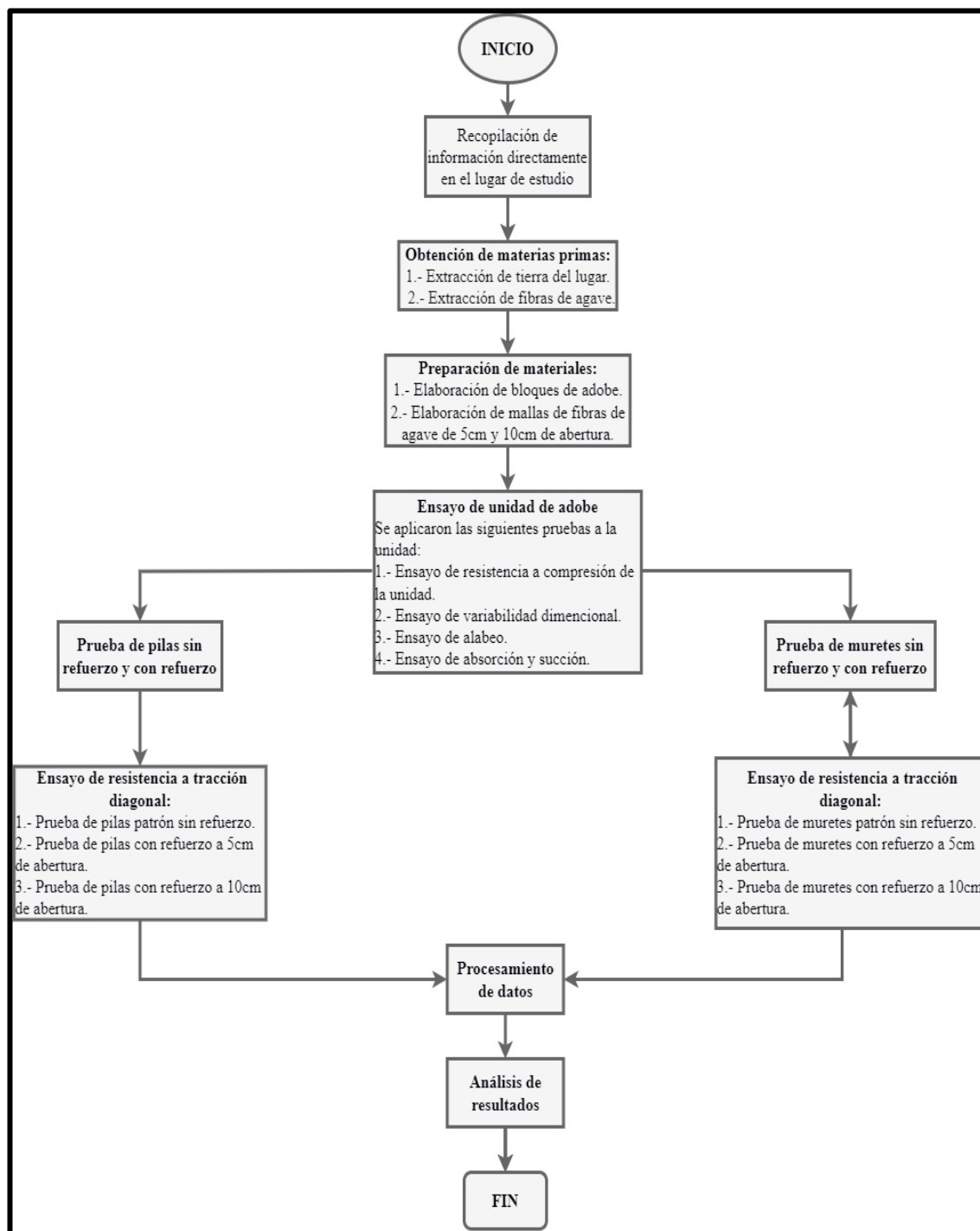
Muestreo: El muestreo puede clasificarse en probabilístico y no probabilístico. En el muestreo probabilístico, todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser seleccionados para formar parte de la muestra, lo cual puede lograrse mediante una elección aleatoria o determinando el tamaño de la muestra. Por otro lado, en el muestreo no probabilístico, la selección no depende de la probabilidad, ya que no es posible calcular el nivel de confianza; en este caso, se basa en el criterio del investigador. (BORJA, 2021).

En esta investigación, se utiliza un muestreo probabilístico, ya que no se aplica ninguna fórmula para la selección de la muestra. Este enfoque se fundamenta en criterios de conveniencia, lo que implica que, se eligen la totalidad de los elementos de la población.

4.5 procedimiento

El procedimiento que seguimos para obtener los resultados fue diseñado de manera estructurada y minuciosa, con el fin de asegurar la precisión y confiabilidad en cada fase del proceso. Esto nos permitió alcanzar conclusiones claras y sólidamente fundamentadas

al concluir el estudio. A continuación, se presenta un flujograma que detalla este procedimiento:



FUENTE: Elaboración propia

Figura 14 — Flujograma del procedimiento de ejecución de la investigación.

4.6 Técnica e instrumentos

4.6.1 Técnica

La observación es una técnica que implica la recolección directa de datos mediante la observación directa de personas, eventos, comportamientos o situaciones en un contexto específico. El investigador utiliza sus sentidos para registrar y documentar sistemáticamente los hechos y patrones observados (CASTELLANOS, 2017).

La investigación utiliza la técnica de observación experimental. Para llevar a cabo esta técnica, se aplicaron conocimientos técnicos y herramientas tanto prácticas como teóricas, registrando todo lo observado con el propósito de analizar las razones detrás de los fenómenos observados.

4.6.2 Instrumentos

Los instrumentos son herramientas empleadas para medir variables, recolectar información acerca de ellas o simplemente para observar su comportamiento. (MEJÍA, 2005).

En esta investigación se utilizaron dos tipos de fichas como herramientas para la recolección de datos:

- Ficha de recolección de datos en campo.
- Ficha técnica para los ensayos de laboratorio.

Estas fichas permiten organizar de manera ordenada y sistemática la información obtenida durante los ensayos. Se crearon fichas específicas para cada tipo de ensayo, basadas en el análisis documental de investigaciones anteriores. Los instrumentos utilizados para la recolección de datos siguen los procedimientos establecidos en estudios previos.

Además, en este proyecto se estructura la información obtenida a través de fichas de observación y encuestas, utilizando herramientas como Microsoft Excel para presentar los resultados de forma clara. Se emplearon equipos especializados, como la prensa hidráulica con manómetro y balanza electrónica, entre otros dispositivos, para analizar las variables relacionadas con los objetivos generales y específicos del proyecto (objetivos 1, 2 y 3, p. 17).



4.6.2.1 Validación

De acuerdo con (HERNANDEZ, 2014), la validez se refiere al grado en que un instrumento mide con precisión la variable que se pretende evaluar. En otras palabras, se trata de si el instrumento refleja adecuadamente el concepto abstracto a través de sus indicadores empíricos (p. 200).

Los especialistas en investigación que participaron en la validación del instrumento se aseguraron de que este fuera coherente, claro, consistente, relevante y apropiado para el estudio. La validez de los instrumentos utilizados cuenta con el respaldo del responsable del laboratorio de Materiales, quien emitió el correspondiente certificado de calibración. En el Anexo C se incluye una lista de los expertos involucrados, así como una evaluación detallada del juicio de expertos para validar el instrumento.

Tabla 12— Juicio de expertos

Nombres y apellidos	Categoría	Especialidad	Índice de validación
Edgar Aníbal Pérez Olaguivel	Mg.	Estadístico	4
Wilfredo soto palomino	Dr.	Metodólogo	5
Ricardo Heinrich Pinto Yupanqui	Mg.	Estructuras	4
Erick Alarcón Camacho	Dr.	Estructuras	5
Ing. Danilo Saavedra Oré	Mg.	Estructuras	4
FUENTE: Elaboración propia			

Tabla 13 — Resultados de validación de los instrumentos de investigación

Nombres y apellidos	Especialidad	Alfa de Cronbach	Intervalo
Mg. Edgar Aníbal Pérez Olaguivel	Estadístico	0.761	Aceptable
Dr. Wilfredo soto palomino	Metodólogo		
Ing. Ricardo Heinrich Pinto Yupanqui	Estructuras		
Dr. Erick Alarcón Camacho	Estructuras		
Ing. Danilo Saavedra Oré	Estructuras		
FUENTE: En base a la composición de los validadores, 2024.			

La tabla 5 muestra a los profesionales encargados de validar los instrumentos utilizados en la investigación, así como la evaluación de su confiabilidad, medida mediante el coeficiente alfa de Cronbach. El análisis arrojó un valor de 0,761, lo que se encuentra dentro del rango considerado aceptable. Este resultado, como se detalla en la tabla 6, confirma la confiabilidad de los instrumentos empleados.

4.6.2.2 Confiabilidad

La confiabilidad o fiabilidad de un instrumento de medición, según Hernández et al. (2014), se refiere al grado en que su aplicación repetida en el mismo individuo, caso o muestra produce resultados consistentes, uniformes y coherentes (p. 200).



Tabla 14 — Intervalo de fiabilidad alfa de Cronbach

Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad los ítems analizados
[0;0.5]	Inaceptable
[0.5;0.6]	Pobre
[0.6;0.7]	Débil
[0.7;0.8]	Aceptable
[0.8;0.9]	Bueno
FUENTE: Extraído del libro del autor Gutiérrez, 2002	

Respecto a la confiabilidad, este proyecto de investigación aborda los aspectos necesarios para su desarrollo, fundamentándose en tesis que citan libros y normativas peruanas relacionadas con el tema. Además, se obtendrán resultados a partir de ensayos realizados en un laboratorio de materiales que cuenta con certificación y equipos debidamente calibrados. Estos resultados se documentarán en fichas elaboradas, las cuales serán evaluadas por expertos. La confiabilidad estará asegurada tanto por el juicio de estos expertos como por la calibración de los instrumentos de ensayo, lo cual se evidencia en los Anexos 5 y 6.

4.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico se definió como el proceso mediante el cual se lograba el almacenamiento, procesamiento e interpretación de los datos, utilizando una serie de estrategias para la tabulación, resumen, análisis y comparación de la información obtenida a partir de las observaciones realizadas en un conjunto de elementos (SULBARÁN, 2009).

El análisis estadístico consiste en la recopilación, organización, interpretación y presentación de datos con el objetivo de alcanzar conclusiones o tomar decisiones fundamentadas. Este tipo de análisis se divide en dos categorías principales: **el análisis descriptivo**, que se enfoca en resumir y caracterizar un conjunto de datos, y **el análisis inferencial**, que permite hacer generalizaciones o proyecciones sobre una población más

amplia a partir de una muestra. Entre las herramientas utilizadas en el análisis estadístico se incluyen medidas de tendencia central, dispersión, pruebas de hipótesis, regresión y análisis de varianza, entre otras.

4.7.1 Análisis estadístico descriptivo

Aquí se presenta el uso de la estadística descriptiva para calcular valores como la media, la mediana y la desviación estándar que representan medidas de tendencia central.

Tabla 15 — Análisis descriptivo del ensayo a compresión axial

Análisis descriptivo					
	Ensayo en pilas		Estadístico	Error estándar	
	Ensayo a Compresión Axial	Pilas patrón			Media
95% de intervalo de confianza para la media			Límite inferior	5,7071	
			Límite superior	6,9249	
Media recortada al 5%			6,3289		
Mediana			6,5700		
Varianza			,240		
Desviación estándar			,24368		
Mínimo			5,61		
Máximo			6,79		
Rango			1,18		
Rango Inter cuartil			,88		
Asimetría			-,829	,913	
Curtosis			-1,119	2,000	
Pilas reforzadas a 5cm de abertura			Media	6,3160	,21931
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,6414	
			Límite superior	6,2466	
		Media recortada al 5%	5,9372		
		Mediana	5,9300		
		Varianza	,059		
		Desviación estándar	,49039		
Mínimo		5,68			

		Máximo	6,33		
		Rango	,65		
		Rango Inter cuartil	,41		
		Asimetría	1,057	,913	
		Curtosis	1,707	2,000	
	Pilas reforzadas a 10cm de abertura	Media	6,1500	,15086	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,7311	
			Límite superior	6,5689	
		Media recortada al 5%	6,1394		
		Mediana	6,1000		
		Varianza	,114		
		Desviación estándar	,33734		
		Mínimo	5,80		
		Máximo	6,69		
		Rango	,89		
		Rango Inter cuartil	,57		
		Asimetría	1,169	,913	
			Curtosis	1,783	2,000
		FUENTE: Los datos fueron obtenidos del instrumento de laboratorio utilizando el software SPSS V25			

Tabla 16 — Análisis descriptivo del ensayo a tracción diagonal

Análisis descriptivos					
	Ensayo en muretes		Estadístico	Error estándar	
	Ensayo a Tracción Diagonal	Muretes patrón	Media	,6060	,02293
95% de intervalo de confianza para la media			Límite inferior	,5423	
			Límite superior	,6697	
Media recortada al 5%			,6083		
Mediana			,6300		
Varianza			,003		
Desviación estándar			,05128		
Mínimo			,52		
Máximo			,65		
Rango			,13		
Rango Inter cuartil			,08		
Asimetría			-1,617	,913	
Curtosis			2,683	2,000	
Muretes reforzados a 5cm de abertura		Media	1,0620	,21630	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4615	
			Límite superior	1,6625	
		Media recortada al 5%	1,0356		
		Mediana	,9200		
		Varianza	,234		

		Desviación estándar		,48365		
		Mínimo		,70		
		Máximo		1,90		
		Rango		1,20		
		Rango Inter cuartil		,72		
		Asimetría		1,899	,913	
		Curtosis		3,812	2,000	
	Muretes reforzados a 10cm de abertura	Media		,6480	,01772	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		,5988	
			Límite superior		,6972	
		Media recortada al 5%		,6472		
		Mediana		,6300		
		Varianza		,002		
		Desviación estándar		,03962		
Mínimo			,61			
Máximo			,70			
Rango			,09			
Rango Inter cuartil		,07				
Asimetría		,608	,913			
	Curtosis		-2,338	2,000		

FUENTE: Los datos fueron obtenidos del instrumento de laboratorio utilizando el software SPSS V25

a) Media

La media aritmética se obtiene al sumar todos los valores de los datos y dividir el total por la cantidad de datos. Según lo mencionado por (HERNÁNDEZ SAMPIERI y otros, 2018), “es la medida de tendencia central más común y puede definirse como el promedio aritmético de una distribución” (p. 333). Se calcula utilizando la siguiente ecuación.

La media calculada en este proyecto presenta los valores promedios tanto de la resistencia a compresión axial como de la resistencia a tracción diagonal de las pilas y muretes evaluados. Este promedio actúa como una medida central, destacando la capacidad de los elementos construidos para soportar cargas. Los resultados detallados se presentan en las tablas 7 y 8, mostrando una capacidad estructural relevante de los materiales utilizados en la construcción. Además, estos resultados son valiosos y beneficiosos porque proporcionan una perspectiva general sobre el desempeño del material, facilitando la comparación con otros estándares o materiales similares y permitiendo evaluar su idoneidad en términos de resistencia estructural de los muros de adobe reforzado con mallas de fibra de agave.

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

\bar{X} : Media de datos

n: Total de datos

b) Mediana

La mediana es una medida de tendencia central que se determina únicamente por el orden de los datos, ya sea en forma ascendente o descendente. Según (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018) es el valor que divide la distribución o escala exactamente a la mitad, lo que significa que el 50 % de los casos está por debajo de la mediana y el 50 % restante está por encima (p. 332).

La mediana en este proyecto de investigación, presentada en las tablas 7 y 8, se calcula a partir de los resultados de resistencia a compresión axial y tracción diagonal de los ensayos en pilas y muretes, representando el valor



central que divide el conjunto de datos en dos mitades iguales. A diferencia de la media, que puede ser afectada por valores atípicos, la mediana ofrece una medida más precisa del rendimiento típico de los materiales, ayudando a evaluar si las resistencias comunes son adecuadas para garantizar la seguridad estructural de los muros de adobe reforzados con fibras de agave. Esta medida es esencial para determinar la idoneidad y consistencia del material en la construcción.

c) Desviación estándar

La desviación estándar es una medida de la dispersión o variabilidad de los datos en intervalos. Según (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018), es el promedio de desviación de las puntuaciones de la muestra con respecto a la media. Cuanto mayor sea la dispersión de los datos alrededor de la media, mayor será la desviación estándar (p. 333). Se calcula utilizando la ecuación correspondiente.

La desviación estándar en este proyecto, mostrada en las tablas 7 y 8, representa la dispersión de los resultados de resistencia a compresión axial y tracción diagonal en los ensayos realizados sobre pilas y muretes, indicando la consistencia de estas resistencias alrededor de la media. Una desviación estándar moderada sugiere una variabilidad controlada, aceptable en términos de construcción, siempre y cuando las resistencias no caigan por debajo del mínimo necesario para garantizar la seguridad estructural de los muros de adobe reforzados con mallas de fibra de agave. Este parámetro es esencial para evaluar la confiabilidad y el desempeño del material, asegurando que cumpla con los requisitos de estabilidad y seguridad.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

S: desviación estándar

x: cantidad de datos

\bar{x} : media de datos

n: total de datos



4.7.2 Análisis estadístico inferencial

La estadística inferencial, como explican Berenson y Levine (2017), abarca técnicas tales como distribuciones de probabilidad, intervalos de confianza y pruebas de hipótesis. Estas herramientas permiten realizar proyecciones sobre el comportamiento de una población en estudio a partir de datos obtenidos de muestras, con un nivel de certeza previamente establecido.

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis, se utilizó la estadística inferencial. El análisis de los datos se realizó mediante el software SPSS, aplicando un enfoque comparativo entre los resultados obtenidos de los ensayos en pilas y muretes sin refuerzo y aquellos que fueron reforzados con mallas de fibra de agave.

4.7.3 Prueba de normalidad

De acuerdo con (SHESKIN, 2020), La normalidad es una suposición clave en pruebas estadísticas paramétricas, como el ANOVA y la regresión lineal, ya que estos métodos requieren que los datos se distribuyan de manera aproximadamente normal para ser precisos y confiables.

El análisis de normalidad de los datos se realizará utilizando la prueba de Shapiro-Wilk cuando la muestra tenga menos de 50 observaciones. Para muestras más grandes, se empleará la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Si los datos presentan una distribución normal, se clasificarán como paramétricos y se llevará a cabo un análisis ANOVA. En caso contrario, se aplicará una prueba no paramétrica, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis.

- **Prueba paramétrica**

Las pruebas paramétricas se utilizan únicamente cuando se cumple la condición de que los datos siguen una distribución normal. Según (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018), estas distribuciones "tienen forma de campana y se obtienen con muestras de 100 o más unidades, siendo útiles y necesarias para realizar inferencias estadísticas" (p. 340).

- **Prueba no paramétrica**

Una prueba se considera no paramétrica cuando los datos no siguen una distribución normal. Según (HERNÁNDEZ SAMPIERE, y otros, 2018), la mayoría de estos análisis no requieren supuestos sobre la forma de la



distribución poblacional, permitiendo distribuciones no normales o distribuciones libres (p. 362).

Tabla 17 — Prueba de normalidad de la resistencia a la compresión axial

Pruebas de normalidad							
	Tratamientos	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Compresión Axial	P. patrón	,298	5	,169	,893	5	,371
	Pilas/5cm	,258	5	,200*	,933	5	,614
	Pilas/10cm	,241	5	,200*	,927	5	,573

FUENTE: Los datos fueron obtenidos del instrumento de laboratorio utilizando el software SPSS V25

Interpretación:

En la tabla 6 muestra los resultados de la prueba de normalidad para el estadístico Shapiro-Wilk sobre la resistencia a la compresión axial en pilas, tanto en pilas patrón y como en pilas reforzados con mallas de fibra de agave con aberturas de 5 cm y 10 cm, donde los p-valor obtenidos son superiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, entonces podemos aseverar que los tratamientos tienden una distribución normal.

Tabla 18 — Prueba de normalidad de la resistencia a tracción diagonal

Pruebas de normalidad							
	Tratamientos	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tracción Diagonal	M. patrón	,280	5	,200*	,834	5	,148
	Muretes/5cm	,343	5	,055	,778	5	,053
	Muretes/10cm	,275	5	,200*	,879	5	,305

FUENTE: Los datos fueron obtenidos del instrumento de laboratorio utilizando el software SPSS V25

Interpretación:

En la tabla 7 muestra los resultados de la prueba de normalidad para el estadístico Shapiro-Wilk aplicada a la resistencia de tracción diagonal en muretes, tanto en muretes patrón y como en muretes reforzados con mallas de fibra de agave con aberturas de 5 cm y 10 cm, donde los p-valor obtenidos son superiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, entonces podemos aseverar que los tratamientos tienden una distribución normal.

4.7.3.1 Prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión axial

Tabla 19 — Pruebas de homogeneidad de varianzas en pilas

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Compresión Axial	Se basa en la media	2,165	2	12	,157
	Se basa en la mediana	,587	2	12	,571
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,587	2	7,809	,579
	Se basa en la media recortada	2,051	2	12	,171
FUENTE: Los datos fueron obtenidos del instrumento de laboratorio utilizando el software SPSS V25					

Los resultados de la Prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas de la resistencia a la compresión axial de las pilas de adobe se observan que el valor de p-valor = 0.157 mayor que $\alpha = 0.05$ de significancia, entonces podemos aseverar que los tratamientos cumplen con el supuesto de la homogeneidad.

4.7.3.2 Prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas de la resistencia a Tracción Diagonal

Tabla 20 — Pruebas de homogeneidad de varianzas en murete

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Tracción Diagonal	Se basa en la media	4,759	2	12	,030
	Se basa en la mediana	2,035	2	12	,173
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,035	2	4,149	,242
	Se basa en la media recortada	3,729	2	12	,055

FUENTE: Los datos fueron obtenidos del instrumento de laboratorio utilizando el software SPSS V25.

Los resultados de la Prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas de la resistencia a Tracción Diagonal de muretes de adobe se observan que el valor de p-valor = 0.030 menor que $\alpha = 0.05$ de significancia, entonces podemos aseverar que los tratamientos no cumplen con el supuesto de la homogeneidad de varianzas por consiguiente se utilizara el estadístico de Welch F.

4.7.4 Prueba de hipótesis

Hipótesis general

- Hipótesis nula (H_0): NO influye significativamente Las mallas de fibra de agave en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

- Hipótesis alterna (H_1): SÍ influye significativamente las mallas de fibra de agave en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqaira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

4.7.4.1 Cuadro de análisis de varianzas para la resistencia a compresión axial

Tabla 21 — Nivel de significancia para la resistencia a la compresión axial

ANOVA					
Ensayo de resistencia a compresión axial					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,347	2	,174	1,259	,319
Dentro de grupos	1,655	12	,138		
Total	2,002	14			

FUENTE: Análisis de datos SPSS

Los resultados del cuadro de análisis de varianzas (ANOVA) para las comparaciones de las pilas patrón y las pilas reforzadas con mallas de fibra de agave a cada 5cm y 10cm de abertura tiene un nivel de significancia de p-valor = 0.319 mayor que el nivel de significancia de prueba $\alpha = 0.05$, por consiguiente, se toma la decisión de aceptar la hipótesis nula por tanto se dice que no existe diferencias estadísticamente significativas.

4.7.4.2 Cuadro de análisis de varianzas para la resistencia a Tracción Diagonal

Tabla 22 — Nivel de significancia para la resistencia a tracción diagonal

ANOVA					
Ensayo de resistencia a tracción diagonal					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,635	2	,318	4,001	,047
Dentro de grupos	,952	12	,079		
Total	1,588	14			

FUENTE: Análisis de datos SPSS

Los resultados del estadístico del cuadro de análisis de varianzas (ANOVA) para las comparaciones de los muretes patrón y los muretes reforzados con mallas de fibra de agave a cada 5cm y 10cm de abertura tienen un nivel de significancia de p-valor = 0.047 menor que el nivel de significancia de prueba $\alpha = 0.05$, por consiguiente, se toma de la decisión de aceptar la hipótesis alterna por tanto se dice que existe al menos un tratamiento con efectos favorables entonces existen diferencias estadísticamente significativas.

4.7.5 Hipótesis específicas

Primera hipótesis específica

- Hipótesis nula (H_0): Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm NO influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Hipótesis alterna (H_1): Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm SÍ influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Segunda hipótesis específica

- Hipótesis nula (H_0): Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm NO influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Hipótesis alterna (H_1): Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm SÍ influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Tercera hipótesis específica

- Hipótesis nula (H_0): Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm NO influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros



de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

- Hipótesis alterna (H_1): Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm SÍ influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Cuarta hipótesis específica

- Hipótesis nula (H_0): Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm NO influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.
- Hipótesis alterna (H_1): Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm SÍ influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

4.7.5.1 Cuadro de comparaciones múltiples de los tratamientos en pilas (resistencia a compresión axial)

Tabla 23 — Comparaciones múltiples de tratamientos de resistencia a compresión axial

Comparaciones múltiples							
Ensayo de resistencia a Compresión Axial							
	(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
	Tratamientos	Tratamientos				Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	P. patrón	Exp al 5%	,37200	,23485	,290	-,2545	,9985
		Exp al 10%	,16600	,23485	,764	-,4605	,7925
	Pilas/5cm	Testigo	-,37200	,23485	,290	-,9985	,2545
		Exp al 10%	-,20600	,23485	,664	-,8325	,4205
	Pilas/10cm	Testigo	-,16600	,23485	,764	-,7925	,4605
		Exp al 5%	,20600	,23485	,664	-,4205	,8325

FUENTE: Análisis de datos SPSS

En la tabla 21 se muestra los resultados de la Prueba de Tukey como para Games – Howell, la homogeneidad de varianzas de la resistencia a

la compresión axial de las pilas de adobe, se observan que los valores de p-valor son mayores que $\alpha = 0.05$ de significancia, entonces podemos aseverar que los tratamientos no cumplen con el supuesto de la homogeneidad.

Tabla 24 — Cuadro de comparaciones múltiples de los tratamientos para la resistencia a compresión axial

Resistencia a Compresión Axial				
			Subconjunto para alfa = 0.05	
	Tratamientos	N	1	
HSD Tukey	Pilas/5cm	5	5,9440	
	Pilas/10cm	5	6,1500	
	P/ Patrón	5	6,3160	
	Sig.		,290	
Duncan	Pilas/5cm	5	5,9440	1,0710
	Pilas/10cm	5	6,1500	
	P/ Patrón	5	6,3160	
	Sig.		,157	1,000
NOTA: en la tabla se evidencia las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, de la misma manera se Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000				

En la Tabla 22 se muestra los resultados de las comparaciones múltiples realizadas mediante el método de Duncan, que permiten analizar la resistencia a compresión axial de pilas reforzados con mallas de fibra de agave. Los datos indican que las pilas con una abertura de 5 cm en las mallas muestran un rendimiento superior tanto en las propiedades mecánicas y resistencia a compresión axial en comparación con aquellos que utilizan mallas de 10 cm de abertura. Esta diferencia sugiere que las

características del refuerzo influyen significativamente en el comportamiento estructural de los muros alcanzando una diferencia de 1.0710 Kg/cm² en comparación con las pilas patrón (no reforzados) y aquellos reforzados con mallas de 10 cm, además se observa que la resistencia a compresión axial de las pilas reforzados con mallas de fibra de agave presenta una mejora notable, Esto refuerza la conclusión de que el uso de mallas de fibra de agave tiene un impacto positivo en la resistencia estructural de los muros de adobe, destacando la importancia del tamaño de abertura en el diseño del refuerzo para optimizar la resistencia a compresión axial.

4.7.5.2 Cuadro de comparaciones múltiples de los tratamientos en muretes (tracción diagonal)

Tabla 25 — Comparaciones múltiples de tratamientos de resistencia a tracción diagonal

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Tracción Diagonal							
	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	M/ Patrón	Exp al 5%	-,45600	,17818	,060	-,9314	,0194
		Exp al 10%	-,04200	,17818	,970	-,5174	,4334
	Muretes/5cm	Testigo	,45600	,17818	,060	-,0194	,9314
		Exp al 10%	,41400	,17818	,091	-,0614	,8894
	Muretes/10cm	Testigo	,04200	,17818	,970	-,4334	,5174
		Exp al 5%	-,41400	,17818	,091	-,8894	,0614

FUENTE: Análisis de datos SPSS

En la tabla 23 muestra los resultados de la Prueba de Tukey como para Games – Howell, la homogeneidad de varianzas de la resistencia a tracción diagonal de los muretes reforzados con mallas de fibra de agave, se observan que los valores de p-valor son mayores que $\alpha = 0.05$



de significancia, entonces podemos aseverar que los tratamientos no cumplen con el supuesto de la homogeneidad.

Tabla 26 — Cuadro de comparaciones múltiples de los tratamientos para la resistencia a tracción diagonal

Resistencia a Tracción Diagonal				
			Subconjunto para alfa = 0.05	
	Tratamientos	N	1	2
HSD Tukey	Testigo	5	,6060	
	Exp al 10%	5	,6480	
	Exp al 5%	5	1,0620	
	Sig.		,060	
Duncan	Testigo	5	,6060	
	Exp al 10%	5	,6480	
	Exp al 5%	5		1,0620
	Sig.		,818	1,000

NOTA: en la tabla se evidencia las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, de la misma manera se Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

FUENTE: Análisis de datos SPSS

En la Tabla 24 se muestra los resultados de las comparaciones múltiples realizadas mediante el método de Duncan, que permiten analizar la resistencia a tracción diagonal de los muretes reforzados con mallas de fibra de agave. Los datos indican que los muretes con una abertura de 5 cm en las mallas muestran un rendimiento superior en resistencia a tracción diagonal en comparación con aquellos que utilizan mallas de 10 cm de abertura. Esta diferencia sugiere que las características del refuerzo influyen significativamente en el comportamiento estructural de los muros alcanzando



una diferencia de 1.0620 Kg/cm² en comparación con los muros testigos (no reforzados) y aquellos reforzados con mallas de 10 cm, además se observa que la resistencia a tracción diagonal de los muros reforzados con mallas de fibra de agave presenta una mejora notable, Esto refuerza la conclusión de que el uso de mallas de fibra de agave tiene un impacto positivo en la resistencia estructural de los muros de adobe, destacando la importancia del tamaño de abertura en el diseño del refuerzo para optimizar la resistencia a tracción diagonal.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Ensayo de variabilidad dimensional

Para determinar las características geométricas de los especímenes y sus variaciones, se llevó a cabo los ensayos de acuerdo con los procedimientos establecidos en la norma NTP 399.613 2005 de unidades de albañilería y la norma ASTM C 67 2003. Como resultado, se obtuvo el siguiente reporte de datos:

Tabla 27 — Ensayo de variación dimensional unidad de adobe.

N°	Dimensiones (cm)											DN:	L= 32	H= 8	A= 16			
	Largo		Promedio	%V	Alto				Promedio	%V	Ancho				Promedio	%V		
Unidad de Adobe																		
U-1	31.50	31.00	32.00	32.00	31.63	1.17%	8.50	8.40	8.40	9.00	8.58	-7.19%	16.00	16.00	16.00	16.20	16.05	-0.31%
U-2	31.50	31.00	31.50	31.60	31.40	1.88%	8.00	7.90	7.30	7.80	7.75	3.13%	16.00	16.10	16.10	16.00	16.05	-0.31%
U-3	31.50	31.50	31.60	31.50	31.53	1.48%	8.00	8.50	8.80	8.50	8.45	-5.62%	16.00	16.00	16.00	16.50	16.13	-0.78%
U-4	31.40	31.40	31.60	31.50	31.48	1.64%	8.00	8.00	8.00	8.30	8.08	-0.94%	16.00	16.10	16.00	16.00	16.03	-0.16%
U-5	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	1.56%	8.00	8.50	8.50	8.00	8.25	-3.13%	16.00	16.40	16.00	16.00	16.10	-0.63%
U-6	31.50	31.50	31.50	32.00	31.63	1.17%	7.50	8.00	7.50	8.00	7.75	3.13%	16.10	16.00	16.20	16.00	16.08	-0.47%
				Promedio	1.48%					Promedio	-1.77%					Promedio	-0.44%	

5.1.2 Ensayo de alabeo

El ensayo de alabeo se realizó de acuerdo al procedimiento indicado en el RNE-E070, NTP 399.613 2005 y la norma ASTM C 67 2003, con la finalidad de medir la concavidad o convexidad de la unidad de adobe, el cual afecta en el asentado

de las unidades dejando espacios vacíos entre el mortero y la unidad disminuyendo la adherencia entre los mismos.

Tabla 28 — Ensayo de alabeo de unidad de adobe

N° REGI STRO	Dimensiones (mm)							
	Cara de Asiento A				Cara de Apoyo B			
	Cóncavo		Convexo		Cóncavo		Convexo	
	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02
Unidad de Adobe								
U -1	4.00	4.00	-	-	-	-	4.00	3.00
U -2	3.00	2.00	-	-	-	-	2.00	2.00
U -3	1.00	2.00	-	-	-	-	4.00	6.00
U -4	3.00	2.00	-	-	-	-	5.00	5.00
U -5	5.00	5.00	-	-	-	-	4.00	3.00
U -6	4.00	3.00	-	-	-	-	3.00	4.00
	Promedio:	3.46	mm					

5.1.3 Ensayo de absorción y succión

Los ensayos físicos de la unidad son pruebas no clasificatorias según el RNE - E070, los cuales son: la succión, Absorción, Coeficiente de saturación y densidad.

Peso en estado natural: Es el peso de la unidad natural pesado en una balanza de precisión.

Peso secado: Es el peso de la unidad luego de ser secada en un horno a una temperatura de 110° durante 6 horas a 24 horas, hasta encontrar un peso que no varíe.

Succión: Es la rapidez con la cual la unidad absorbe el agua medida en gramos de agua absorbida por unidad de área de adobe en contacto y con el agua durante un minuto.

La succión está vinculada a la adherencia entre el mortero y el adobe, ya que una succión excesiva impide lograr una unión adecuada. Esto ocurre porque la unidad absorbe rápidamente el agua del mortero, lo que provoca que este se endurezca y deforme, resultando en uniones de baja resistencia y permeables al agua. El ensayo

se llevó a cabo de acuerdo con la norma NTP 399.613 2005 de UNIDADES DE ALBAÑILERÍA y la norma ASTM C 67 2003.

Absorción: Este ensayo permite determinar la cantidad de agua que puede absorber el ladrillo, expresada como un porcentaje de su peso seco. Se llevó a cabo siguiendo los procedimientos establecidos en la norma NTP 399.613 2005 de Unidades de Albañilería. La absorción se define como la medida de transferencia de agua desde un medio externo hacia una unidad de albañilería. Una absorción elevada, superior al 22%, indica que la unidad es porosa y presenta baja resistencia a las condiciones climáticas.

Peso sumergido: El cuerpo sumergido tiene un peso menor debido a la fuerza de empuje que ejerce el líquido. Este peso se denomina peso aparente o sumergido y se calcula utilizando la masa aparente, que es registrada por el sensor de la balanza al sumergir el objeto en el agua. Si el sensor indica una masa de cero, se puede concluir que el objeto está flotando en el líquido.

Los datos obtenidos de los ensayos en laboratorio servirán para poder determinar las propiedades físicas de las unidades de adobe como son la humedad natural, succión, absorción, densidad seca al horno, volumen neto y el área de asiento de los bloques huecos de concreto.



Tabla 29 — Ensayo de Absorción y Succión de unidad de adobe

Descripción	Numero de muestras						Promedio		
	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6			
Peso de la unidad en estado natural = (w0)	6557.00	7083.00	7984.00	7402.00	7669.00	6898.00	7265.50		
Peso de la unidad secado a 110°C = (w1)	6263.00	6770.00	7222.00	7060.00	7286.00	6675.00	6879.33		
Peso de la unidad, luego de haber sumergido su cara de asiento una altura de 3mm en una película de agua durante 1 minuto = (w2)	6371.00	6853.00	7321.00	7151.00	7407.00	6759.00	6977.00		
Peso de la unidad saturado, después de haber sumergido en agua durante 24 horas en un pozo = (w3)	8213.00	8824.00	9091.00	8994.00	9297.00	7633.00	8675.33		
Peso de la unidad sumergido totalmente en agua = (w4)	3672.00	3951.00	4168.00	4125.00	4243.00	3786.00	3990.83		
Área de la cara de asiento = (ACA) en cm ²	496.00	500.85	478.89	480.50	504.00	486.70	491.16		
Altura promedio = h	8.58	7.75	8.45	8.08	8.25	7.75	8.14		
Descripción	Formula	UND	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	Promedio
Humedad natural=Hn:	$Hn(\%) = 100 \frac{W0 - W1}{W1}$	%	4.69	4.62	10.55	4.84	5.26	3.34	5.55
Succión=SU:	$SU = 200 \frac{W2 - W1}{ACA}$	(gr/200cm ² -min)	43.55	33.14	41.35	37.88	48.02	34.52	39.74
Absorción=A:	$A(\%) = 100 \frac{W3 - W1}{W1}$	%	31.14	30.34	25.88	27.39	27.60	14.35	26.12
Densidad seca al horno	$D = \frac{W1}{W3 - W4} \text{ gr/cm}^3$	gr/cm ³	1.38	1.39	1.47	1.45	1.44	1.74	1.48
Volumen neto =Vn:	$Vn = \frac{W1}{D}$	cm ³	4541	4873	4923	4869	5054	3847	4684.50
Área neta media =An:	$An = \frac{V}{h}$	cm ²	529.56	628.77	582.60	602.97	612.61	496.39	575.48

5.1.4 Ensayo de resistencia a compresión de unidad

Este ensayo se llevó a cabo siguiendo los procedimientos establecidos en la norma NTP 399.613 2005 de UNIDADES de ALBAÑILERÍA y la norma ASTM C67 2003. La resistencia a compresión se calculará dividiendo la carga en kilogramos entre el área de apoyo o el área bruta de la unidad, y la resistencia característica se determinará según lo indicado en la tabla.

Tabla 30 — Ensayo de resistencia a compresión de unidades de adobe

N° Registro	Dimensiones (cm)		Área de apoyo (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Resistencia individual (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho			
Unidad de adobe					
U-1	31.63	16.05	507.58	8097.50	15.95
U-2	31.40	16.05	503.97	7846.50	15.57
U-3	31.53	16.13	508.34	11321.94	22.27
U-4	31.48	16.03	504.39	8194.04	16.25
U-5	31.50	16.10	507.15	8058.89	15.89
U-6	31.63	16.08	508.37	8204.00	16.14

5.1.5 Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas

Los datos fueron obtenidos como resultados de los ensayos de 15 pilas de adobe tradicional y reforzados con mallas de fibras de agave a compresión axial, los ensayos fueron realizados a los 28 días de construcción de los prismas en base al RNE - E080, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 31 — Resistencia a compresión axial de pilas de adobe

N° REGISTRO	Dimensiones (cm)		Área de apoyo (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Resistencia individual f'm (kgf/cm ²)	Resistencia Característica f'm (kgf/cm ²)	Resistencia admisible fm (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho					
Pilas de adobe patrón							
P-1	32.05	16.25	520.81	2923	5.61	5.83	2.33
P-2	31.75	16.15	512.76	3367	6.57		
P-3	31.35	16.00	501.60	3309	6.60		
P-4	32.00	16.30	521.60	3135	6.01		
P-5	31.75	16.15	512.76	3483	6.79		
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5cm							
P-1	31.18	17.00	529.98	3277	6.18	6.14	2.46
P-2	31.40	17.35	544.79	3597	6.60		
P-3	31.25	16.30	509.38	3520	6.91		
P-4	31.20	16.50	514.80	3773	7.33		
P-5	31.85	16.70	531.90	3274	6.16		
Pilas de adobe con mallas de 10cm							
P-1	31.45	16.35	514.21	3135	6.10	5.97	2.39
P-2	30.85	16.40	505.94	3386	6.69		
P-3	31.10	16.85	524.04	3773	7.20		
P-4	31.60	16.95	535.62	3193	5.96		
P-5	31.00	17.10	530.10	3377	6.37		

5.1.6 Módulo de elasticidad de pilas

Los datos obtenidos a partir de la lectura de carga versus deformación del ensayo a compresión axial de pilas se presentan en la siguiente tabla. Estos datos son cruciales para evaluar el comportamiento del material bajo carga y determinar su resistencia a compresión, así como otros parámetros relevantes como el módulo

de elasticidad. Los ensayos se realizaron siguiendo las normativas establecidas, lo que garantiza la validez y confiabilidad de los resultados.

5.1.6.1 Pilas de adobe patrón

Tabla 32 — Carga vs deformación de pilas de adobe patrón

PILA- 1		PILA- 2		PILA- 3		PILA- 4		PILA- 5	
DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)
0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.00	394	0.00	355	0.04	413	0.02	316	0.01	278
0.11	509	0.02	509	0.04	509	0.03	509	0.22	509
1.07	780	0.54	683	1.26	722	0.05	567	0.92	722
1.46	896	0.73	722	2.01	896	0.43	722	1.47	954
1.68	954	0.97	780	2.86	1127	0.89	896	1.85	1127
2.44	1127	1.29	896	3.32	1282	1.44	1127	2.19	1282
3.08	1282	1.80	1069	4.01	1513	1.86	1282	2.58	1513
3.28	1340	1.90	1185	4.50	1687	2.54	1513	2.93	1687
4.47	1745	2.15	1282	4.97	1900	2.86	1687	3.38	1958
4.98	1900	2.50	1456	5.47	2073	3.30	1900	3.60	2073
5.71	2131	2.93	1687	6.14	2305	3.64	2073	3.98	2247
6.08	2305	3.55	1900	6.65	2537	4.05	2247	4.48	2517
6.51	2402	3.95	2073	7.16	2633	4.76	2517	4.71	2633
6.77	2460	4.18	2247	8.08	2865	5.11	2633	5.42	2923
7.06	2517	4.82	2460	8.81	2962	5.69	2865	5.72	3020
7.26	2556	5.08	2575	9.17	3020	6.62	3020	6.38	3193
7.44	2633	5.32	2633	9.40	3077	7.27	3077	6.77	3251
7.64	2691	5.54	2749	9.63	3135	7.77	3135	7.09	3309
8.19	2749	5.55	2865	9.86	3193	8.43	3135	7.50	3367

8.69	2865	6.46	2962	10.33	3251			8.40	3425
9.17	2923	6.71	3020	10.95	3309			9.63	3483
		7.20	3135						
		7.61	3193						
		7.96	3251						
		8.35	3309						
		9.16	3367						
		10.28	3367						

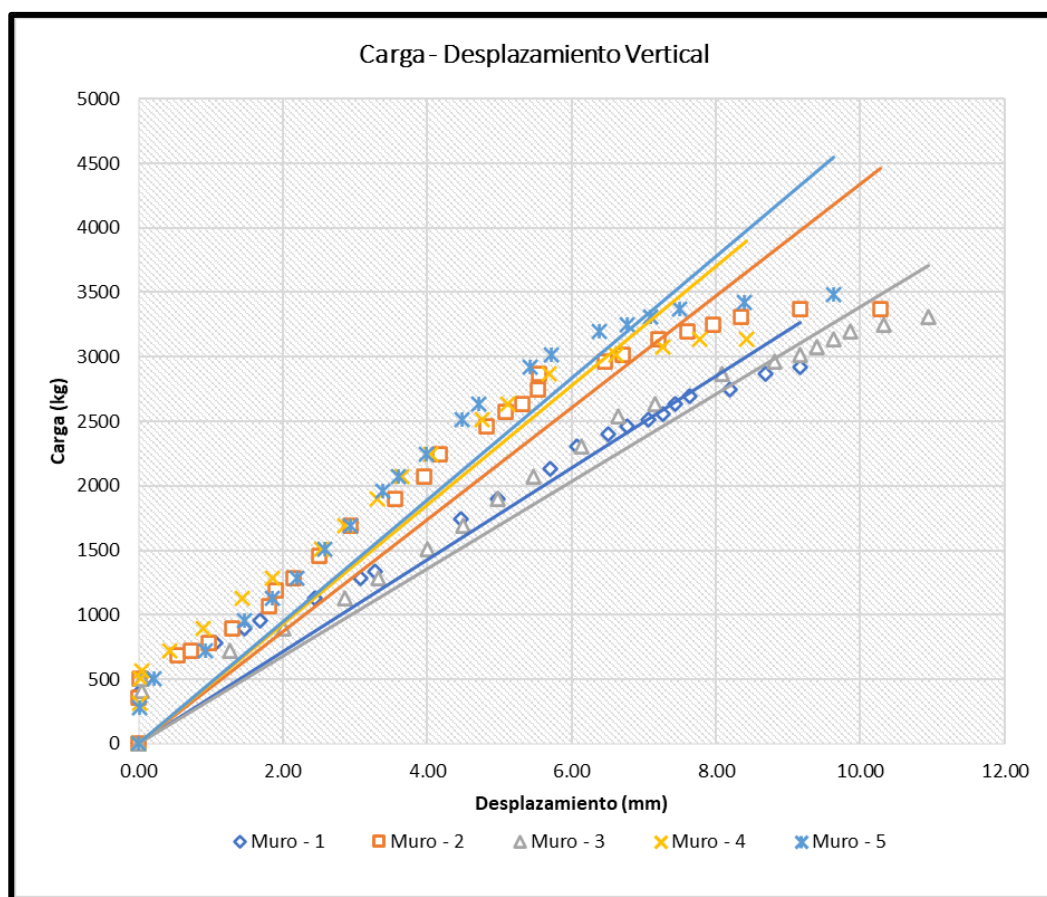


Figura 15 — Carga – Desplazamiento Vertical de pilas de adobe patrón

Tabla 33 — Módulo de elasticidad de pilas de adobe patrón

N° Muestra	Area (cm ²)	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo Axial (kg/cm ²)	Deform. Unitaria (mm/mm)	Em (kg/cm ²)	E'm (kg/cm ²)
				P 20%	P 60%	D 20%	D 60%				
Pilas de adobe patrón											
P - 1	520.81	364.00	2923	584.60	1753.80	1.642	4.926	2.245	0.009022	248.83	234.72
P - 2	512.76	381.50	3367	673.40	2020.20	1.553	4.660	2.627	0.008144	322.51	
P - 3	501.60	387.50	3309	661.80	1985.40	1.956	5.868	2.639	0.010095	261.38	
P - 4	521.60	384.50	3135	627.00	1881.00	1.355	5.065	2.404	0.009649	249.16	
P - 5	512.76	382.50	3483	696.60	2089.80	1.375	5.524	2.717	0.010847	250.49	

5.1.6.2 Pilas de adobe reforzado con mallas de fibras de agave

Tabla 34 — Carga vs deformación de pilas reforzadas con mallas de 5 cm

PILA- 1		PILA- 2		PILA- 3		PILA- 4		PILA- 5	
DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)
0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.20	722	0.39	703	0.08	722	0.26	606	0.08	664
0.86	896	1.09	818	0.46	857	1.28	741	0.46	722
1.46	1127	1.38	1147	1.13	992	1.65	915	1.13	799
2.04	1282	1.55	1301	1.69	1127	1.71	1089	1.69	896
2.67	1513	2.34	1533	2.74	1340	2.43	1533	2.74	1127
3.29	1687	3.51	1707	2.90	1668	3.28	1707	2.90	1224
4.08	1958	4.26	1977	3.66	1900	4.57	1977	3.66	1436
4.46	2131	3.98	2151	4.71	2093	4.41	2054	4.71	1533
5.29	2305	5.28	2324	5.52	2344	5.48	2324	5.52	1784

5.88	2460	5.56	2479	5.58	2363	6.19	2498	6.18	1900
6.36	2633	6.61	2653	5.60	2498	6.44	2633	6.12	2151
7.52	2865	7.39	2884	6.18	2672	7.47	2846	7.21	2305
8.99	3020	7.41	2923	7.21	2730	8.90	3135	9.30	2440
9.60	3277	8.32	2942	8.32	2846	9.34	3174	9.68	2556
11.36	2595	9.22	3039	9.30	2942	10.10	3251	10.35	2633
11.36	2247	9.85	3597	10.23	3520	11.65	3271	10.51	2826
		11.51	2614			11.65	3406	11.52	2865
						12.06	3483	11.63	3274
						12.15	3522	11.63	2440
						12.23	3695		
						13.10	3773		

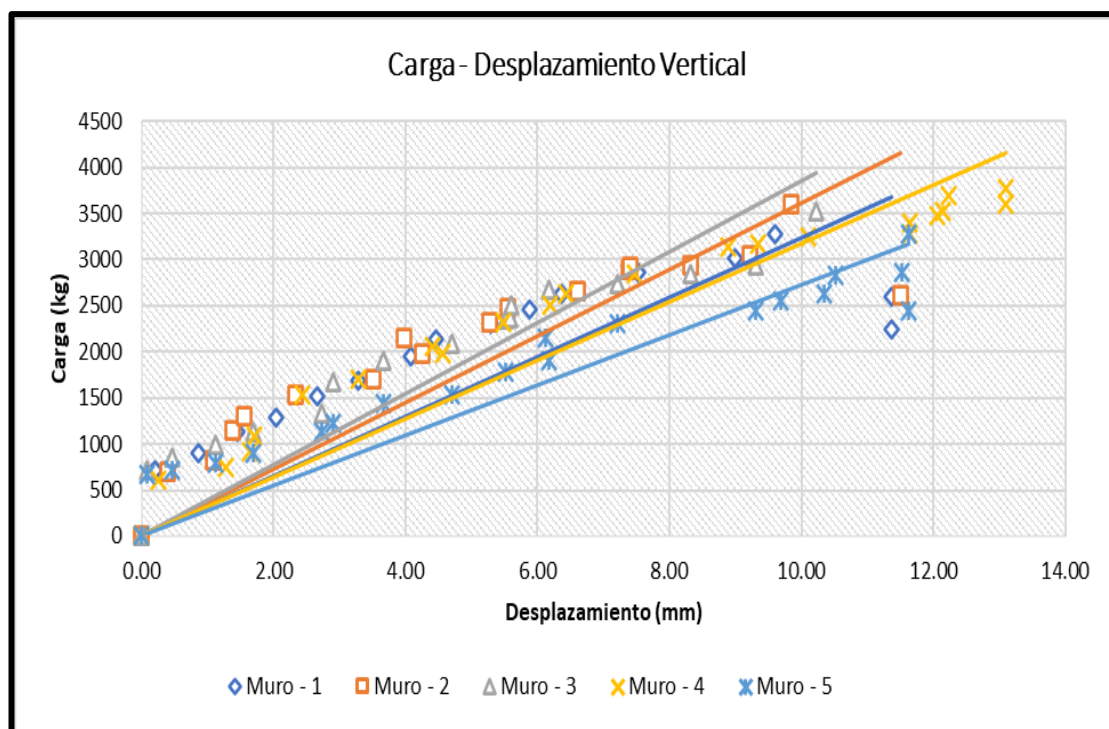


Figura 16 — Carga – Desplazamiento Vertical de pilas reforzadas con mallas de 5 cm.

Tabla 35 — Módulo de elasticidad de pilas reforzadas con mallas de 5 cm

N° Muestra	Area (cm ²)	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo Axial (kg/cm ²)	Deform. Unitaria (mm/mm)	Em (kg/cm ²)	E'm (kg/cm ²)
				P 20%	P 60%	D 20%	D 60%				
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 5 cm.											
P - 1	529.98	386.00	3277	655	1966	2.028	5.083	2.473	0.007915	312.51	265. 61
P - 2	544.79	377.50	3597	719	2158	1.992	5.976	2.641	0.010554	250.25	
P - 3	509.38	369.00	3520	704	2112	1.830	4.489	2.764	0.007206	383.60	
P - 4	514.80	380.00	3773	755	2264	2.381	6.143	2.932	0.009900	296.12	
P - 5	531.90	373.00	3274	655	1964	2.398	5.194	2.462	0.007496	328.46	

Tabla 36 — Carga vs deformación de pilas reforzadas con mallas de 10 cm

PILA- 1		PILA- 2		PILA- 3		PILA- 4		PILA- 5	
DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	Carga (kg)
0.01	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.26	722	0.03	587	0.00	567	0.01	509	0.02	509
0.43	896	0.27	741	0.05	606	0.02	567	0.12	529
1.11	1282	0.33	896	0.12	722	0.12	664	0.82	606
2.16	1745	1.18	1127	0.16	876	0.32	741	1.25	703
2.86	1900	1.35	1301	1.14	1089	1.10	876	1.28	722
3.43	2073	2.50	1378	1.30	1320	1.11	896	2.16	1089
5.43	2460	3.60	1552	2.56	1591	1.50	1127	2.35	1127
5.90	2691	3.89	1764	2.80	1764	2.73	1282	3.52	1340
6.60	2807	4.28	1861	3.25	1900	2.80	1301	4.10	1494

7.26	2923	5.36	2363	3.51	2035	3.20	1707	4.56	1649
7.83	3020	5.80	2537	3.86	2170	4.56	1958	5.23	1764
8.70	3077	5.85	2672	4.11	2498	4.57	1977	6.31	2015
9.11	3135	6.60	2730	4.23	2749	5.10	2073	6.89	2286
		7.25	2826	4.68	2865	5.63	2498	7.20	2440
		7.80	3058	5.21	3020	5.71	2556	7.26	2498
		8.20	3193	6.32	3367	6.50	2923	8.06	2672
		9.10	3251	6.45	3483	7.20	3193	8.54	2749
		9.26	3271	7.50	3657			8.91	2981
		10.30	3386	7.86	3676			9.32	3377
				8.61	3695				
				9.30	3773				

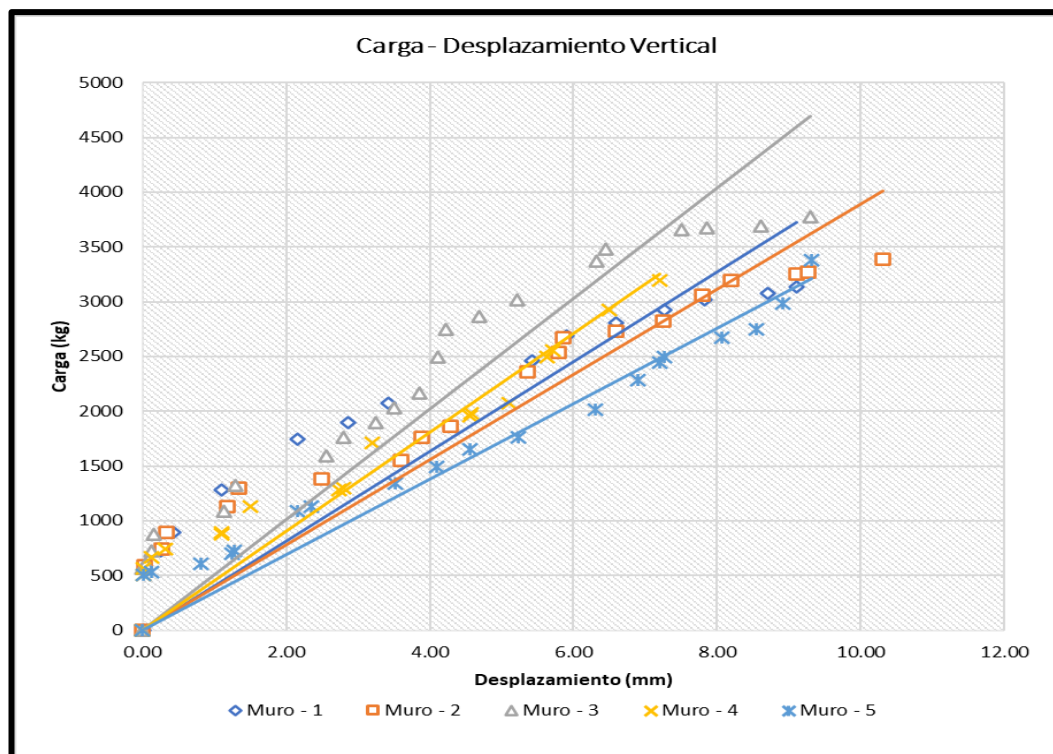


Figura 17 — Carga – Desplazamiento Vertical de pilas reforzadas con mallas de 10 cm



Tabla 37 — Módulo de elasticidad de pilas de adobe reforzadas con mallas de 10 cm

N° Muestra	Area (cm ²)	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo Axial (kg/cm ²)	Deform. Unitaria (mm/mm)	Em (kg/cm ²)	E'm (kg/cm ²)
				P 20%	P 60%	D 20%	D 60%				
Pilas de adobe reforzadas con mallas de 10 cm.											
P - 1	514.21	405.50	3135	627	1881	1.533	4.600	2.439	0.007564	322.43	240.95
P - 2	505.94	396.50	3386	677	2032	1.739	5.216	2.677	0.008769	305.27	
P - 3	524.04	388.50	3773	755	2264	1.495	6.486	2.880	0.012847	224.18	
P - 4	535.62	392.00	3193	639	1916	1.414	4.243	2.385	0.007217	330.41	
P - 5	530.10	390.50	3377	675	2026	1.962	5.887	2.548	0.010051	253.52	

Tabla 38 — Resumen general de la prueba de resistencia a compresión axial

MUESTRAS	RESISRTENCIA A COMPRESION AXIAL PROMEDIO Kg/cm ²
Pilas patrón	5.83 kg/cm ²
Pilas reforzadas con fibra de agave, con espaciamiento a cada 5cm	6.14 kg/cm ²
Pilas reforzadas con fibra de agave, con espaciamiento a cada 10cm	5.97 kg/cm ²

En la **Tabla 38** se reportan los valores de resistencia a compresión axial para las pilas patrón y las pilas reforzadas con malla de fibra de agave, con espaciamientos de 5 cm y 10 cm, alcanzando 5.83 kg/cm², 6.14 kg/cm² y 5.97 kg/cm², respectivamente.

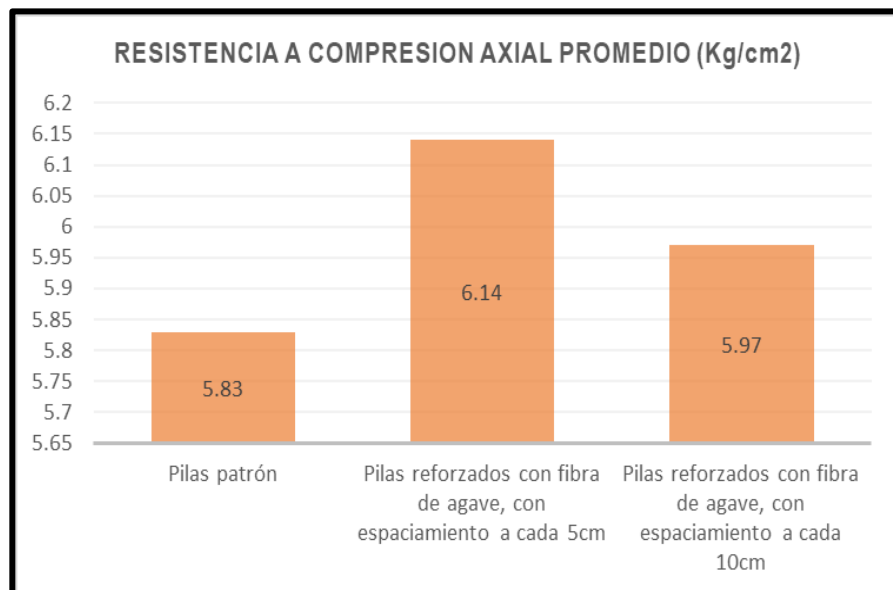


Figura 18 — Gráfico de síntesis general del ensayo de resistencia a compresión axial

La **Figura 18** muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión axial, destacando que las pilas reforzadas con espaciamientos de 10 cm y 5 cm presentan un desempeño superior en comparación con las pilas patrón, con incrementos en la resistencia a compresión axial de 0.14 kg/cm² y 0.31 kg/cm², respectivamente.

5.1.7 Ensayos a compresión diagonal en muretes

Los datos se obtuvieron como resultado de los ensayos de 15 muretes de adobe reforzados con malla de fibra de agave sometidos a compresión diagonal. Los ensayos se llevaron a cabo 28 días después de la construcción de los prismas, de acuerdo con el RNE - E080 y la norma NTP 399.621, arrojando los siguientes resultados:



Tabla 39 — Resistencia a compresión diagonal.

N° Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Resistencia individual (kgf/cm ²)	Resistencia Característica (V'm) (kgf/cm ²)	Esfuerzo admisible al corte del muro Vm (kgf/cm ²)
	Largo	Ancho	Alto					
Muretes de adobe patrón								
M-1	65.95	15.75	58.75	982.01	1282	0.65	0.55	0.22
M-2	64.60	15.55	60.55	973.04	1011	0.52		
M-3	65.00	16.05	59.75	1001.12	1262	0.63		
M-4	64.80	15.20	58.90	940.12	1127	0.60		
M-5	67.60	16.10	59.75	1025.17	1301	0.63		
Muretes reforzados con mallas de 5 cm de abertura								
M-1	64.75	16.00	60.00	998.00	2015	1.01	0.74	0.30
M-2	66.50	16.00	59.00	1004.00	1398	0.70		
M-3	65.75	16.00	60.03	1006.20	1842	0.92		
M-4	67.15	16.00	61.10	1026.00	2073	1.01		
M-5	66.55	16.08	60.90	1024.38	1591	0.78		
Muretes reforzados con mallas de 10 cm de abertura								
M-1	64.30	16.10	61.10	1009.47	1282	0.63	0.61	0.24
M-2	64.78	16.65	61.65	1052.49	1475	0.70		
M-3	64.85	15.60	60.80	980.07	1224	0.62		
M-4	65.10	16.05	62.05	1020.38	1243	0.61		
M-5	63.95	16.88	61.25	1056.38	1436	0.68		

5.1.8 Módulo de corte en muretes

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos a partir de la lectura realizada carga versus deformación del ensayo a compresión diagonal de muros:

5.1.8.1 Muretes de adobe patrón

Tabla 40 — Carga vs deformación de muretes de adobe patrón

Muro M-1			Muro M-2			Muro M-3			Muro M-4			Muro M-5		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0
0.00	0.00	452	0.11	0.00	683	0.00	0.00	452	0.00		394	0.00	0.00	452
0.00	0.10	509	0.22	0.00	722	0.00	0.09	490	0.17	0.00	452	0.00	0.10	509
0.34	0.25	625	0.37	0.00	780	0.30	0.24	567	0.45	0.00	567	0.32	0.21	625
0.50	0.36	683	0.45	0.00	838	0.48	0.35	664	0.21	0.00	625	0.50	0.33	683
0.90	0.47	722	0.65	0.00	896	0.89	0.46	703	1.15	0.00	683	0.72	0.39	722
1.18	0.51	780	1.13	0.23	896	1.20	0.50	760	1.23	0.17	722	1.18	0.44	780
1.37	0.58	838	1.34	0.27	896	1.33	0.57	818	1.62	0.20	780	1.26	0.49	838
1.65	0.58	896	1.44	0.31	896	1.62	0.57	818	1.67	0.23	857	1.46	0.55	896
2.06	0.58	954	1.84	0.87	896	2.07	0.57	896	2.02	0.28	896	2.06	0.56	954
2.37	0.58	1011	2.07	1.08	838	2.35	0.57	992	2.43	0.89	896	2.32	0.58	1011
2.51	0.58	1069	2.78	1.58	896	2.53	0.57	992	2.53	1.05	838	2.48	0.59	1069
2.84	0.58	1127	3.24	1.92	838	2.81	0.57	1108	2.62	1.16	838	2.70	0.61	1127
3.19	0.58	1185	3.80	2.24	838	3.22	0.57	1108	3.06	1.23	838	3.10	0.61	1185
3.54	0.58	1243	4.10	2.42	838	3.50	0.57	1224	3.24	1.96	838	3.61	0.65	1243
3.96	0.58	1282	4.50	2.77	838	3.98	0.57	1262	3.56	2.32	896	3.92	0.65	1282
4.40	0.54	1282	4.73	2.90	838	4.20	0.53	1262	4.12	2.56	896	4.32	0.75	1282
5.37	0.40	1282	4.94	3.18	896	4.63	0.39	1262	4.35	2.72	896	5.34	0.83	1301
5.51	0.86	1185	5.65	3.62	954	5.55	0.85	1166	5.10	3.16	1069	5.41	0.86	1185
6.38	0.91	1127	6.08	4.07	954	5.81	0.90	1108	5.23	3.46	1069	6.52	0.91	1127

7.17	1.36	1069	6.66	4.56	954	6.40	1.35	1050	6.18	4.09	1127	7.18	1.36	1127
7.68	1.62	1127	7.25	5.04	954	7.70	1.61	1108	6.24	4.60	1127	7.48	1.62	1127
8.25	1.58	1185	7.78	5.45	1011	8.15	1.57	1166				8.06	1.58	1147
8.73	2.09	1243	8.51	6.16	1011	8.36	2.08	1166				8.42	2.09	1185
9.54	2.50	1185				8.65	2.25	1166						
10.05	4.62	1185				9.21	2.90	1166						
						9.68	3.45	1205						
						10.08	4.80	1205						

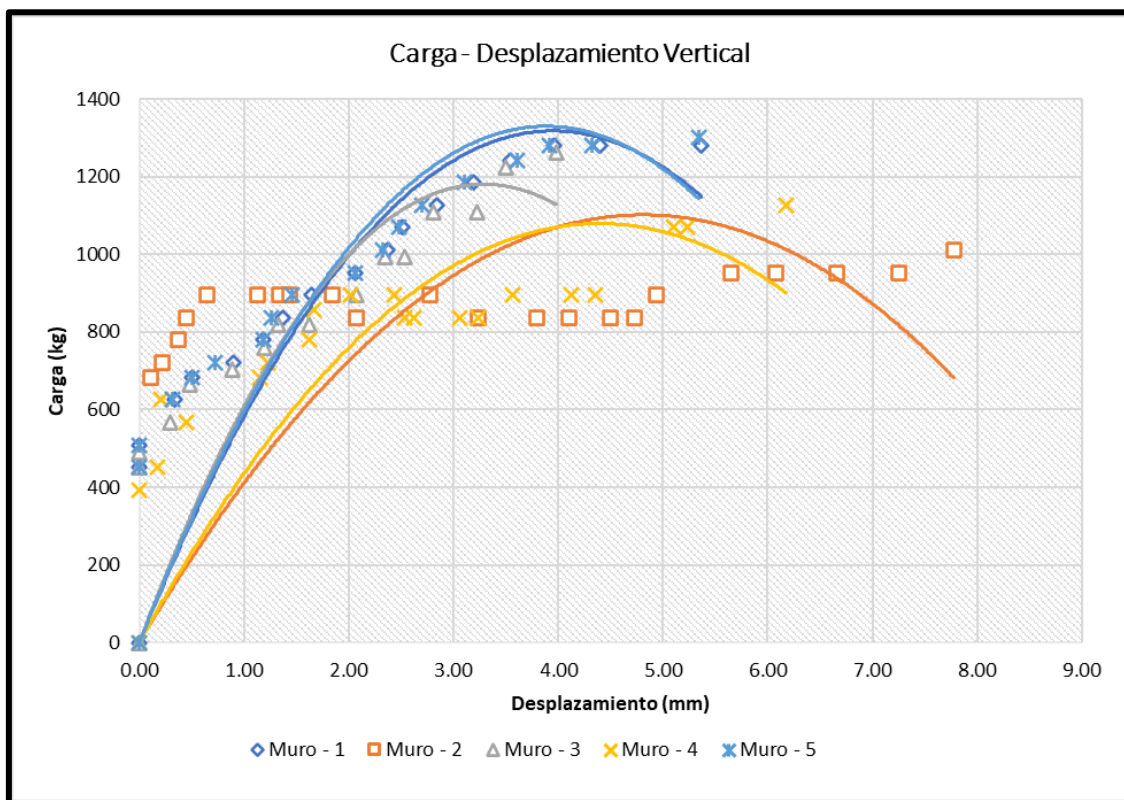


Figura 19 — Carga vs desplazamiento Vertical de muretes de adobe patrón

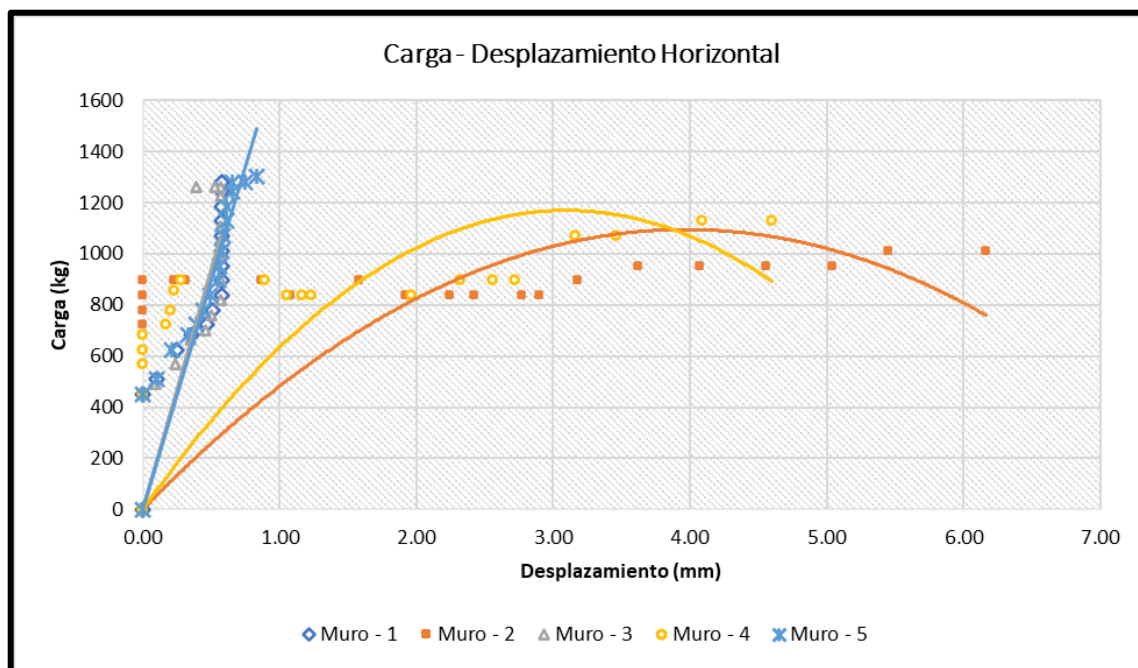


Figura 20 — Carga vs desplazamiento horizontal de muretes de adobe patrón

Tabla 41 — Módulo de corte de muretes de adobe patrón

N° Muestra	Área (cm ²)	Def.	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo cortante (Δt) (kg/cm ²)	$\Delta V-H$ (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/mm)	Gm (kg/cm ²)	G'm (kgf/cm ²)
					P 20%	P 60%	D 20%	D 60%					
Muretes patrón													
M-1	982.01	v	810.0	1282	256.40	769.20	0.405	1.502	0.522	0.001354	0.001805	289.36	
		h	624.0				0.141	0.422		0.000450			
M-2	973.04	v	825.0	1011	202.20	606.60	0.464	1.005	0.416	0.000656	0.002104	197.55	
		h	645.0				0.385	1.319		0.001448			
M-3	1001.12	v	800.0	1262	252.40	757.20	0.373	1.619	0.504	0.001558	0.001984	254.09	190.33
		h	630.0				0.134	0.403		0.000427			
M-4	940.12	v	830.0	1127	225.40	676.20	0.485	1.708	0.480	0.001473	0.002658	180.40	
		h	650.0				0.314	1.084		0.001185			
M-5	1025.17	v	815.0	1301	260.20	780.60	0.401	1.388	0.508	0.001211	0.001664	305.03	
		h	640.0				0.145	0.435		0.000453			



5.1.8.2 Muretes de adobe reforzada con mallas de fibras de agave

Tabla 42 — Carga vs deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 5 cm de abertura

Muro M-1			Muro M-2			Muro M-3			Muro M-4			Muro M-5		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0
0.00	0.00	452	0.00	0.00	432	0.00	0.00	452	0.00	0.00	413	0.00	0.00	394
0.00	0.00	509	0.06	0.00	509	0.00	0.00	509	0.00	0.00	471	0.00	0.00	452
0.04	0.00	567	0.19	0.00	509	0.06	0.00	529	0.07	0.00	625	0.08	0.00	606
0.32	0.00	625	0.35	0.00	567	0.28	0.00	606	0.29	0.00	683	0.32	0.00	703
0.54	0.05	683	0.44	0.00	587	0.58	0.05	722	0.62	0.09	741	0.64	0.11	722
0.64	0.09	722	0.64	0.28	722	0.78	0.10	760	0.80	0.13	780	0.85	0.14	799
0.86	0.16	780	0.91	0.35	838	0.88	0.20	818	0.92	0.19	838	0.94	0.21	857
1.10	0.22	838	1.29	0.40	896	1.15	0.21	876	1.18	0.26	857	1.25	0.29	915
1.47	0.30	954	1.56	0.64	954	1.53	0.30	992	1.58	0.35	992	1.63	0.38	1031
2.15	0.42	1011	2.00	0.68	1011	2.10	0.37	1050	2.12	0.45	1069	2.18	0.47	1089
2.62	0.53	1069	2.33	0.85	954	2.60	0.42	1108	2.65	0.59	1089	2.70	0.62	1147
2.96	0.66	1127	2.68	0.94	954	2.95	0.56	1147	2.99	0.70	1147	3.02	0.75	1205
3.14	0.73	1127	3.16	1.06	1011	3.22	0.61	1166	3.28	0.78	1185	3.34	0.80	1205
3.56	0.93	1185	3.45	1.15	954	3.60	0.87	1224	3.68	0.95	1243	3.70	0.98	1262
3.74	0.97	1185	3.93	1.15	954	3.85	0.98	1320	3.88	1.00	1224	3.83	1.02	1262
3.94	1.07	1127	4.62	1.15	954	4.10	1.10	1166	4.15	1.13	1185	4.20	1.15	1205
4.26	1.24	1127	4.91	1.08	1011	4.35	1.23	1166	4.40	1.28	1185	4.50	1.30	1205
4.52	1.34	1127	5.61	0.91	1011	4.65	1.35	1166	4.70	1.42	1185	4.73	1.45	1205
4.84	1.49	1069	5.47	0.54	1011	4.88	1.50	1108	4.95	1.55	1127	5.05	1.60	1147
5.12	1.61	1185	6.82	0.41	1069	5.20	1.63	1224	5.25	1.68	1243	5.35	1.72	1185
5.47	1.76	1243	7.24	0.18	1127	5.58	1.74	1282	5.60	1.85	1301	5.65	1.88	1320

5.78	1.90	1185	7.58	0.26	1185	5.85	1.95	1205	5.95	1.98	1243	5.68	2.00	1282
6.01	2.01	1243	8.56	0.73	1127	6.10	2.08	1282	6.20	2.12	1301	6.25	2.15	1301
6.44	2.20	1243	9.54	0.96	1243	6.55	2.24	1282	6.60	2.28	1301	6.70	2.30	1320
6.62	2.29	1282	10.24	1.25	1282	6.75	2.33	1282	6.85	2.40	1340	6.90	2.45	1340
7.05	2.46	1282	10.42	1.46	1340	7.15	2.50	1340	6.95	2.55	1340	7.25	2.58	1359
7.30	2.56	1340	10.42	1.68	1398	7.45	2.65	1378	7.40	2.70	1398	7.55	2.75	1417
7.63	2.71	1340				7.80	2.80	1378	7.85	2.85	1398	7.63	2.88	1320
8.08	2.81	1398				8.18	2.88	1436	8.32	2.95	1456	8.25	3.00	1436
8.75	3.10	1398				8.88	3.16	1378	8.95	3.25	1456	9.23	3.30	1475
10.21	3.57	1340				10.15	3.63	1378	10.15	3.70	1398	10.20	3.75	1417
10.46	3.65	1456				10.55	3.71	1456	10.35	3.78	1513	10.20	3.83	1533
11.25	3.91	1513				11.40	3.98	1552	11.50	4.05	1571	-	4.12	1591
13.03	4.67	1571				12.13	4.80	1610	13.20	4.90	1629	-	4.95	1571
-	5.07	1629				-	5.18	1687	-	5.20	1687			
-	5.44	1764				-	5.55	1803	-	5.60	1822			
-	5.78	1745				-	5.85	1764	-	5.90	1803			
-	6.30	1803				-	6.38	1842	-	6.40	1861			
-	6.85	1842							-	7.00	1900			
-	7.30	1996							-	7.45	2054			
-	7.78	1958							-	7.90	2015			
-	8.54	2015							-	8.80	2073			



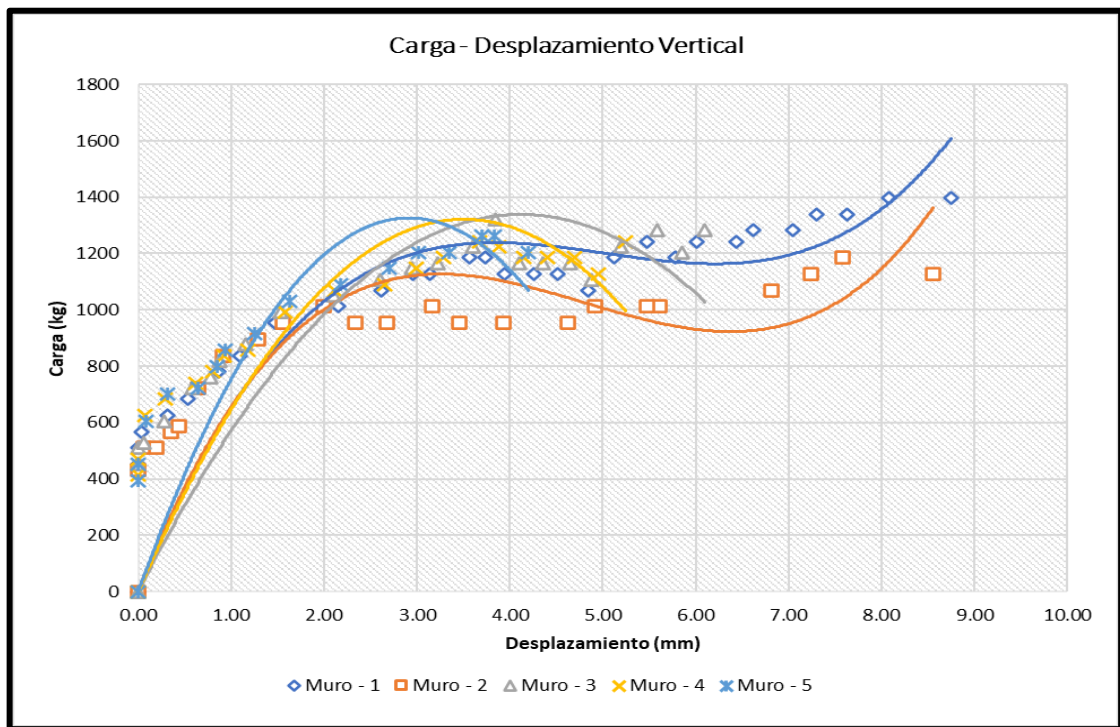


Figura 21 — Carga vs Desplazamiento Vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura

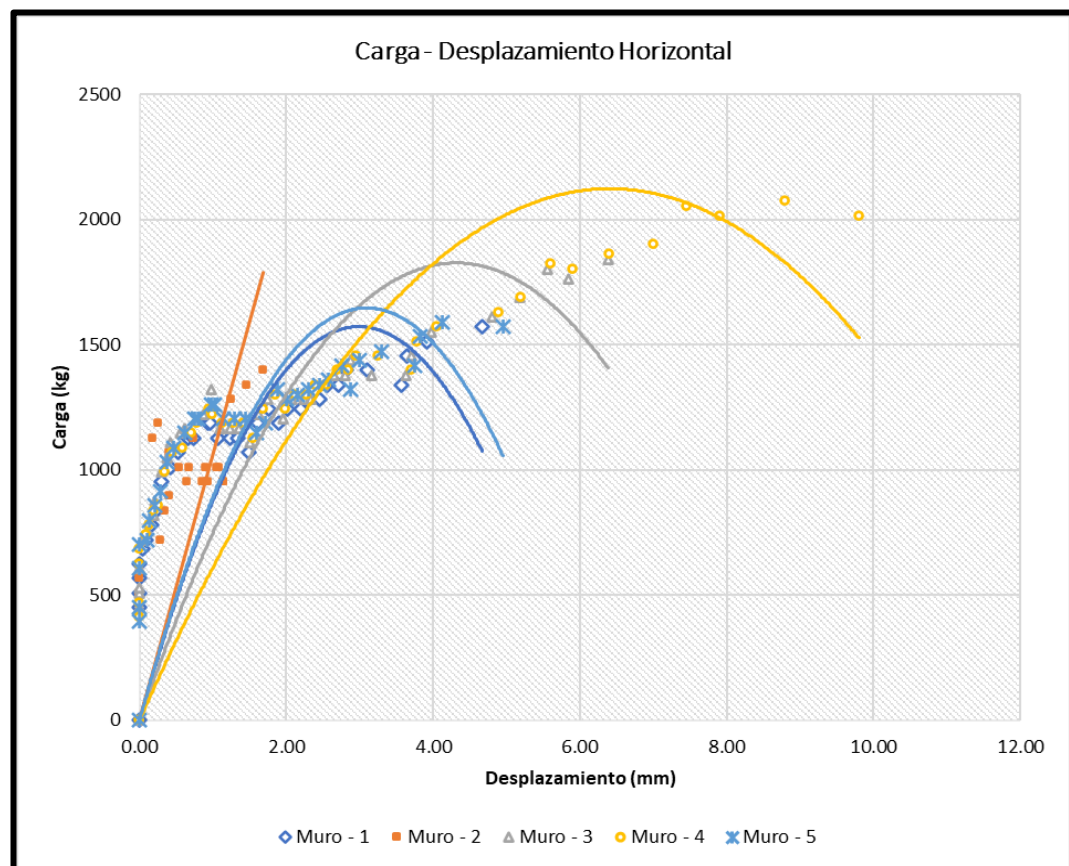


Figura 22 — Carga vs desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura

Tabla 43 — Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 5 cm de abertura

N° Muestra	Area (cm ²)	Def.	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo cortante (Δt) (kg/cm ²)	$\Delta V-H$ (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/m)	Gm (kg/cm ²)	G'm (kgf/cm ²)
					P 20%	P 60%	D 20%	D 60%					
Muretes reforzados con mallas de 5 cm de abertura													
M-1	998.00	v	820.0	2015	403.00	1209.00	0.660	2.071	0.808	0.001721	0.002407	335.55	245.58
		h	720.0				0.470	0.964		0.000686			
M-2	1004.00	v	730.0	1398	279.60	838.80	0.365	1.435	0.557	0.001466	0.002185	254.92	245.58
		h	730.0				0.263	0.788		0.000719			
M-3	1006.20	v	815.0	1842	368.40	1105.20	0.612	1.099	0.732	0.000598	0.002209	331.52	245.58
		h	710.0				0.460	1.604		0.001611			
M-4	1026.00	v	825.0	2073	414.60	1243.80	0.602	2.658	0.808	0.002492	0.003335	242.31	245.58
		h	740.0				0.660	1.284		0.000843			
M-5	1024.38	v	835.0	1591	318.20	954.60	0.374	1.372	0.621	0.001195	0.002227	278.94	245.58
		h	750.0				0.315	1.089		0.001032			

Tabla 44 — Carga vs deformación de muretes de adobe reforzados con mallas de 10 cm de abertura

Muro M-1			Muro M-2			Muro M-3			Muro M-4			Muro M-5		
DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)	DV (mm)	DH (mm)	Carga (kg)
0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0
0.01	0.00	394	0.12	0.00	418	0.08	0.00	418	0.05	0.00	377	0.00	0.00	377
0.11	0.00	509	0.35	0.00	544	0.10	0.00	544	0.07	0.00	486	0.04	0.00	413
0.29	0.00	567	0.57	0.00	607	0.21	0.00	607	0.14	0.00	541	0.18	0.00	486
0.48	0.00	625	0.98	0.00	670	0.40	0.00	670	0.25	0.00	595	0.23	0.00	529
0.74	0.00	683	1.11	0.00	734	0.66	0.00	706	0.44	0.00	650	0.31	0.00	541
1.08	0.00	722	1.29	0.19	776	1.00	0.20	741	0.70	0.00	686	0.35	0.00	595
1.47	0.00	780	1.48	0.24	818	1.07	0.26	807	1.04	0.00	740	0.37	0.00	650
1.78	0.19	838	1.74	0.57	826	1.39	0.61	902	1.43	0.18	743	0.41	0.18	672
2.23	0.24	876	2.08	0.74	853	1.70	0.79	944	1.74	0.23	745	0.42	0.23	686
2.74	0.57	896	2.47	0.94	853	1.96	1.01	965	2.19	0.54	770	0.56	0.54	722
2.94	0.74	780	2.78	1.15	902	2.15	1.23	839	2.70	0.70	774	0.64	0.70	740
3.34	0.94	780	3.23	1.35	944	2.34	1.44	865	2.82	0.88	795	1.05	0.88	741
3.83	1.15	780	3.74	1.46	965	2.66	1.56	874	2.90	1.08	818	1.36	1.08	749
4.29	1.35	818	3.94	1.66	979	2.86	1.78	881	3.30	1.27	826	1.81	1.27	760
4.63	1.46	818	4.34	1.78	988	3.04	1.90	896	3.79	1.37	836	2.32	1.37	777
5.06	1.66	818	4.83	1.97	996	3.24	2.11	917	4.25	1.56	847	2.52	1.56	780
5.41	1.78	799	5.29	2.31	1000	3.75	2.47	919	4.32	1.67	855	2.92	1.67	818
5.80	1.97	818	5.63	2.64	1031	4.02	2.73	944	4.59	1.85	865	3.41	1.85	857
6.57	2.31	818	6.06	2.88	1042	4.21	2.81	946	5.02	2.17	869	3.87	2.17	861
6.99	2.63	818	6.41	3.01	1050	4.55	2.95	952	5.12	2.47	878	4.21	2.47	884

7.96	2.87	799	6.80	3.22	1079	4.98	3.07	954	5.45	2.70	886	4.64	2.70	892
8.25	3.00	780	7.57	3.44	1085	5.33	3.21	957	5.45	2.82	892	4.99	2.84	899
8.84	3.21	780	7.99	3.78	1093	5.72	3.35	963	5.76	3.02	904	5.38	3.02	927
9.20	3.43	838	8.96	4.08	1147	6.49	3.43	1127	6.04	3.22	958	6.15	3.22	955
9.21	3.77	780	9.25	4.23	1185	6.91	3.67	1139	6.16	3.54	1013	6.57	3.54	973
9.21	4.07	896	9.84	4.77	1243	7.88	3.75	1147	6.53	3.83	1031	7.54	3.83	1008
	4.22	954	10.20	4.98	1475	7.62	3.98	1162	6.95	3.97	1060	7.83	3.97	1031
	4.76	1011				8.17	4.03	1166	7.03	4.47	1067	8.42	4.47	1050
	4.97	1069				8.76	4.35	1205	7.92	4.67	1070	8.78	4.67	1013
	5.49	1127				8.82	4.52	1224	8.21	5.16	1122	8.79	5.16	1067
	5.88	1127							8.80	5.53	1127	8.86	5.53	1067
	6.33	1069							9.16	5.95	1147	9.01	5.95	1013
	6.66	1127							9.17	6.26	1170	9.85	6.26	1093
	7.36	1185							9.17	6.92	1243	10.12	6.74	1243
	8.06	1243										10.86	6.84	1436
	8.74	1282												



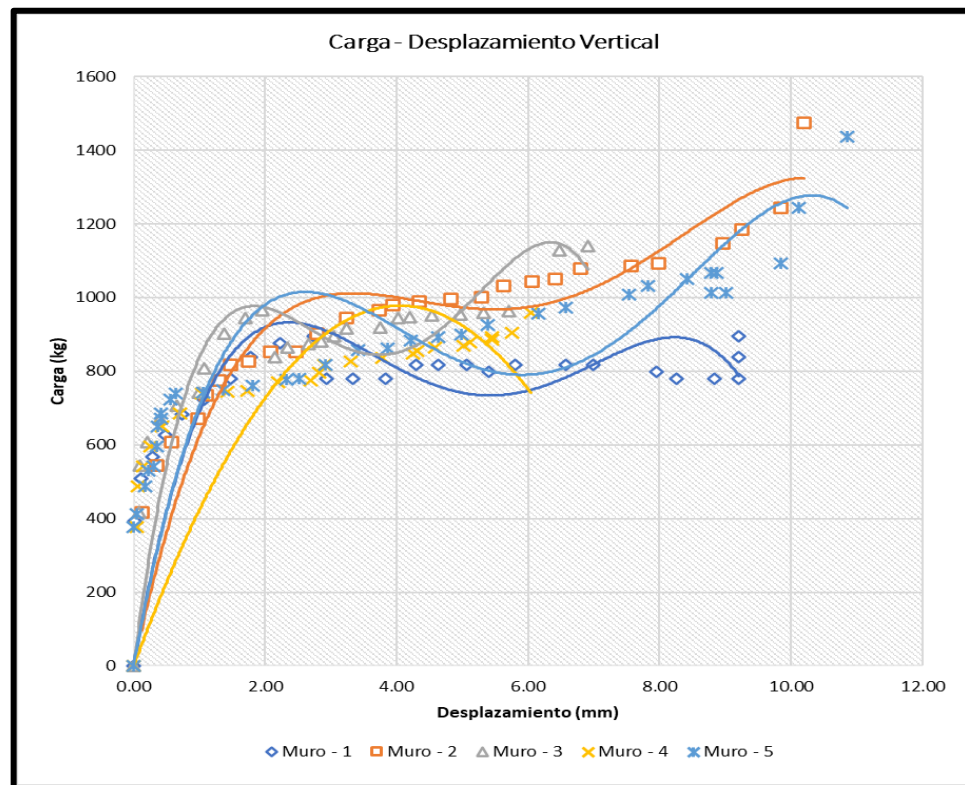


Figura 23 — Carga vs Desplazamiento Vertical de muretes de adobe reforzadas con mallas de 10 cm de abertura

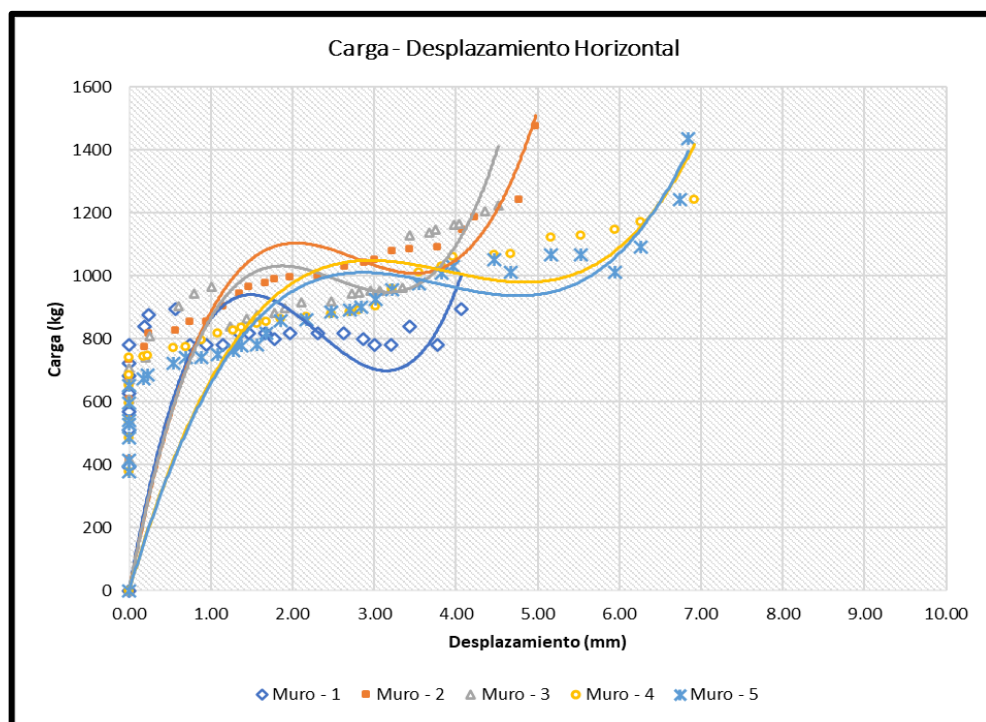


Figura 24 — Carga vs desplazamiento horizontal de muretes de adobe reforzadas con mallas de 10 cm de abertura

Tabla 45 — Módulo de corte de muretes de adobe reforzadas con mallas de 10 cm de abertura

N° Muestra	Area (cm ²)	Def.	L instru (mm)	P max (kg)	Carga (kg)		desplaz. (mm)		Esfuerzo cortante (Δt) (kg/cm ²)	ΔV-H (mm/mm)	Defor. Angular (γ) (mm/mm)	Gm (kg/cm ²)	G'm (kgf/cm ²)
					P 20%	P 60%	D 20%	D 60%					
Muretes reforzados con mallas de 10 cm de abertura													
M-1	1009.47	v	810.0	1282	256.40	769.20	0.281	1.208	0.508	0.001144	0.002070	245.44	
		h	642.0				0.188	0.782		0.000925			
M-2	1052.49	v	820.0	1475	295.00	885.00	0.394	1.835	0.561	0.001757	0.002927	191.55	
		h	650.0				0.242	1.002		0.001169			
M-3	980.07	v	805.0	1224	244.80	734.40	0.193	0.980	0.500	0.000978	0.001855	269.33	213.38
		h	635.0				0.194	0.751		0.000877			
M-4	1020.38	v	815.0	1243	248.60	745.80	0.553	0.994	0.487	0.000541	0.001887	258.25	
		h	648.0				0.304	1.176		0.001346			
M-5	1056.38	v	825.0	1436	287.20	861.60	0.319	1.563	0.544	0.001508	0.001830	297.13	
		h	655.0				0.361	0.572		0.000322			

Tabla 46 — Resumen general de la prueba de resistencia a tracción diagonal

MUESTRAS	RESISRTENCIA A TRACCIÓN DIAGONAL PROMEDIO (Kg/cm2)
Murete patrón	0.55 Kg/cm2
Muretes reforzados con fibra de agave, con espaciamiento a cada 5cm	0.74 Kg/cm2
Muretes reforzados con fibra de agave, con espaciamiento a cada 10cm	0.61 Kg/cm2

En la **Tabla 46** se reportan los valores de resistencia a tracción diagonal para los muretes patrón y los muretes reforzados con malla de fibra de agave, con espaciamientos de 5 cm y 10 cm, alcanzando 0.55 kg/cm², 0.74 kg/cm² y 0.61 kg/cm², respectivamente.

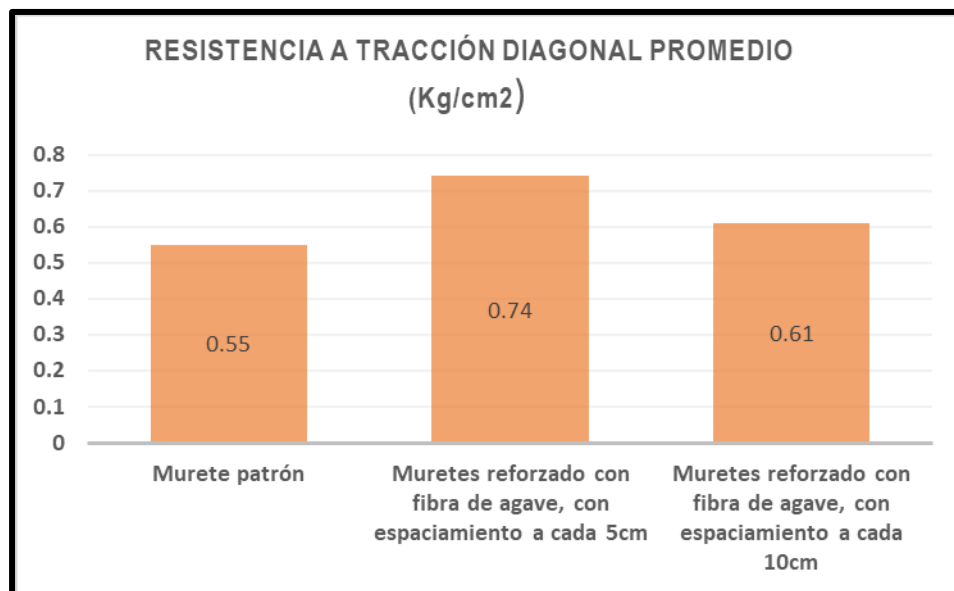


Figura 25 — Gráfico de síntesis general del ensayo de resistencia a tracción diagonal

La **Figura 25** muestra los resultados del ensayo de resistencia a tracción diagonal, destacando que los muretes reforzados con espaciamientos de 10 cm y 5 cm presentan un desempeño superior en comparación con los muretes patrón, con incrementos en la resistencia a tracción diagonal de 0.06 kg/cm² y 0.19 kg/cm², respectivamente.

5.1.9 Ensayo a tracción

El ensayo de tracción de la malla de adobe se llevará a cabo conforme a la Norma INV E-901-07, que establece el método para determinar la carga de rotura y la elongación de geotextiles (método GRAB). Este procedimiento consiste en disponer un espécimen sin aplicar tensión previa, con el fin de evaluar su resistencia a la tracción (Instituto Nacional de Vías, 2007).



5.1.9.1 Pre-diseño de la malla de maguey

La malla propuesta se diseñará para actuar como un refuerzo de material natural tejido, envolviendo completamente los muros de adobe. El objetivo es proporcionar resistencia mediante el confinamiento y la rigidez que esta malla ofrece a las paredes de las viviendas. Para determinar sus propiedades mecánicas y físicas, la malla será sometida a ensayos de tracción (Marais, S., Roudesli, S., & Lixon, C. 2008)

5.1.9.2 Detalle de los prototipos de las cuerdas de agave

Se han desarrollado 10 prototipos de cuerdas de fibra de agave con un diámetro de 0.8 cm, destinados a la fabricación de mallas con aberturas espaciadas a intervalos de 5 cm y 10 cm. A continuación, se presentan las características de estos prototipos.

5.1.9.3 Prueba experimental para cuerda de fibras de agave según norma ASTM D 6637

En este ensayo, se someten a tracción cuerdas de maguey adaptadas a fracciones de redes de geomallas, respetando las longitudes mínimas y la cantidad de especímenes necesarios. El objetivo es obtener los valores de fuerzas máximas de rotura y las extensiones finales para determinar la resistencia a tracción. Dado que no existen estándares específicos para los ensayos de tracción del maguey, se aplicó la metodología de la norma ASTM D 6637, "Método de prueba estándar para determinar las propiedades de tracción de las geomallas mediante el método de una o varias redes".

5.1.9.4 Características de las muestras a ensayar

Las cuerdas de fibra de agave a ensayar tienen una longitud de 15 cm y un diámetro de 8 mm; cada cuerda está conformada por aproximadamente 40 hilos de fibras de maguey, la cantidad de especímenes a ensayar fueron 10 cuerdas, con el fin de despreciar cualquier valor atípico.



Tabla 47 — Propiedades físicas de los ensayos

N.º de Pruebas	Masa (gramos)	Longitud inicial (cm)	Diámetro inicial (cm)	Área (cm ²)
1	5.8	15.6	0.81	0.52
2	6.3	15.2	0.82	0.53
3	5.2	15.3	0.81	0.52
4	6.8	15.4	0.81	0.52
5	6.4	15.3	0.83	0.54
6	6.2	15.1	0.81	0.52
7	7.1	15.3	0.83	0.54
8	6.6	15	0.82	0.53
9	6.5	15.1	0.82	0.53
10	6.7	15.4	0.81	0.52

FUENTE: Elaboración propia

De acuerdo con las pruebas de laboratorio, los resultados obtenidos sobre la resistencia de los prototipos se presentan en la **tabla N° 47**. Dado que el propósito de esta investigación es determinar el efecto de la malla de fibra de agave en el refuerzo estructural de muros de adobe, y considerando que esta malla está entrelazada de forma biaxial, se calcularon los valores promedio de las cargas máximas. Este procedimiento permitió estimar la resistencia última de la malla, tomando en cuenta el patrón de repetición de las cuerdas longitudinales que abarcan todo su ancho.

Tabla 48 — Propiedades mecánicas de los ensayos

Nº de espécimen	Longitud inicial (cm)	Diámetro inicial (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Extensión (mm)	Longitud final (cm)
1	15.6	0.81	0.52	50.12	120.00	27.00
2	15.2	0.82	0.53	55.32	130.00	28.00
3	15.3	0.81	0.52	48.75	110.00	26.50
4	15.4	0.81	0.52	52.89	125.00	27.80
5	15.3	0.83	0.54	49.62	115.00	26.90
6	15.1	0.81	0.52	53.41	128.00	27.90
7	15.3	0.83	0.54	54.76	132.00	28.25
8	15	0.82	0.53	47.98	108.00	26.30
9	15.1	0.82	0.53	51.24	122.00	27.50
10	15.4	0.81	0.52	56.12	135.00	28.30

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 49 — Tabla de resistencia tracción

Nº de espécimen	Longitud inicial (cm)	Diámetro inicial (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (N)	Resistencia a la tracción (Pa)	Resistencia a la tracción (kN/m ²)
1	15.6	0.81	0.52	50.12	491.51	9461.73	9.46
2	15.2	0.82	0.53	55.32	542.13	10229.92	10.23
3	15.3	0.81	0.52	48.75	477.84	9197.66	9.20
4	15.4	0.81	0.52	52.89	518.25	9966.35	9.97
5	15.6	0.83	0.54	49.62	486.12	9002.22	9.00
6	15.1	0.82	0.53	53.41	523.78	9883.47	9.88
7	15.3	0.83	0.54	54.76	536.76	9940	9.94
8	15.4	0.82	0.53	47.98	470.31	8875.68	8.88
9	15.1	0.82	0.53	51.24	502.58	9482.64	9.48
10	15.4	0.81	0.52	56.12	550.21	10580.98	10.58

FUENTE: Elaboración propia

5.1.10 Contrastación de hipótesis

A continuación, se presenta la prueba de hipótesis realizada, en la que se contrastan los resultados obtenidos.

5.1.10.1 Hipótesis general

Ho: Las mallas de fibra de agave no influye significativamente en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

H1: Las mallas de fibra de agave sí influyen significativamente en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Según el análisis de los resultados de la estadística inferencial aplicada se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson de -0.102, el cual se interpreta una correlación negativa moderada que a medida que la abertura de la malla de fibra de agave aumenta, la resistencia estructural de los muros de adobe tiende a disminuir. Para contrastar las diferencias entre los muros patrón y los muros reforzados con mallas de fibra de agave con aberturas de 5 cm y 10 cm, se realizó la prueba de significancia mediante el cuadro de análisis de varianza ANOVA, obteniendo un valor p de 0.047, menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Esto confirma diferencias estadísticamente significativas en relación con la abertura de las mallas. Además, los resultados descriptivos en las tablas 7 y 8 muestran que los refuerzos con menor abertura (5 cm) lograron mayores promedios de resistencia a compresión axial y tracción diagonal. Los ensayos evidenciaron que los muros reforzados con estas mallas más cerradas ofrecen mejor desempeño en términos de ductilidad y maleabilidad, resistiendo de manera más efectiva tanto las cargas verticales como los movimientos laterales y las fuerzas sísmicas. En consecuencia, queda demostrado que las mallas de fibra de agave sí influyen significativa y positivamente en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el

sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024, es decir, se rechaza la hipótesis nula **H0** y se acepta la hipótesis alternativa **H1**.

5.1.11 Hipótesis específico 01

Ho: Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm no influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

H1: Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm sí influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Según el análisis de los resultados de la estadística inferencial aplicada se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson de -0.102, lo que indica una correlación negativa moderada: a medida que la abertura de la malla de fibra de agave aumenta, la resistencia estructural de los muros de adobe disminuye. La prueba de Levene confirmó la homogeneidad de varianzas para la resistencia a compresión axial de las pilas, con un valor p de 0.157, superior al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, validando el supuesto de homogeneidad. Posteriormente, el análisis de varianza (ANOVA) mostró un valor p de 0.047, menor que $\alpha = 0.05$, lo que evidencia diferencias estadísticamente significativas entre las pilas patrón y las pilas reforzadas con mallas de 5 cm de abertura. La prueba de comparaciones múltiples de Duncan reveló que las pilas con mallas de 5 cm presentaron un mayor rendimiento mecánico en comparación con las de 10 cm de abertura. Los resultados en las tablas 7 y 8 destacan que las mallas con menor abertura alcanzaron promedios superiores de resistencia a compresión axial. En conjunto, estos ensayos demuestran que los muros reforzados con mallas más cerradas ofrecen mejor desempeño en términos de ductilidad y maleabilidad, soportando de forma más efectiva tanto las cargas verticales como las fuerzas sísmicas dando al muro una respuesta elástica y ligera, permitiendo una deformación más gradual bajo carga. En consecuencia, queda demostrado que las mallas de fibra de agave



con abertura de 5cm sí influyen significativa y positivamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024, es decir, se rechaza la hipótesis nula **H0** y se acepta la hipótesis alternativa **H1**.

5.1.12 Hipótesis específico 02

Ho: Las mallas de fibras de agave con abertura de 10 cm no influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

H1: Las mallas de fibras de agave con abertura de 10 cm sí influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Según el análisis de los resultados de la estadística inferencial aplicada se obtuvo coeficiente de correlación de **Pearson** de -0.102, indicando una correlación negativa moderada: a medida que aumenta la abertura de la malla de fibra de agave, la resistencia estructural de los muros de adobe disminuye. La prueba de **Levene** validó la homogeneidad de varianzas ($p = 0.157 > \alpha = 0.05$), y el ANOVA reveló diferencias significativas ($p = 0.047 < \alpha = 0.05$) entre las pilas patrón y las reforzadas con mallas de 5 cm y 10 cm. Las comparaciones múltiples de **Duncan** señalaron que las pilas con mallas de 5 cm lograron un mejor rendimiento mecánico. Los resultados indican que las mallas más cerradas (5 cm) ofrecen mayores promedios de resistencia a compresión axial y mejoran la flexibilidad y ductilidad del muro rendimiento mecánico en comparación con las de 10 cm de abertura, permitiendo una deformación gradual y reduciendo el riesgo de fisuras y fallas tempranas. En consecuencia, queda demostrado que las mallas de fibra de agave con abertura de 10cm sí influyen significativa y positivamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haqira, Cotabambas, Apurímac – 2024, es decir, se rechaza la hipótesis nula **H0** y se acepta la hipótesis alternativa **H1**.

5.1.13 Hipótesis específico 03

Ho: Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm no influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

H1: Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm sí influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Según el análisis de los resultados de la estadística inferencial aplicada se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson de -0.101, lo que indica una correlación negativa moderada: a medida que aumenta la abertura de la malla de fibra de agave, la resistencia estructural de los muros de adobe disminuye. La prueba de **Levene** confirmó la homogeneidad de varianzas para la resistencia a tracción diagonal de los muretes, con un valor p de 0.130, mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, validando este supuesto. El análisis de varianza (**ANOVA**) mostró un valor p de 0.047, menor que $\alpha = 0.05$, lo que evidencia diferencias estadísticamente significativas entre los muretes patrón y los reforzados con mallas de 5 cm de abertura. La prueba de comparaciones múltiples de **Duncan** indicó que los muretes con mallas de 5 cm presentaron mejor rendimiento mecánico que los de 10 cm. Los resultados del análisis estadístico descriptivo en las tablas 7 y 8 destacan que las mallas con menor abertura lograron mayores promedios de resistencia a tracción diagonal. En conjunto, los ensayos muestran que el reforzamiento con fibras de agave mejora la flexibilidad y ductilidad del muro, aumentando su resistencia al corte y reduciendo el riesgo de fallas frágiles. Además, estas fibras contribuyen al control de fisuras, distribuyendo tensiones y evitando la rápida propagación de grietas bajo cargas diagonales, lo cual es beneficioso para estructuras expuestas a movimientos sísmicos. Sin embargo, la mejora en resistencia a tracción diagonal es limitada, ya que, aunque las fibras naturales tienen buena capacidad de tracción, su efectividad se destaca principalmente en la absorción de tensiones diagonales. En consecuencia, queda demostrado que las mallas de fibra de agave con abertura de 5cm sí influyen



significativa y positivamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024, es decir, se rechaza la hipótesis nula **H0** y se acepta la hipótesis alternativa **H1**.

5.1.14 Hipótesis específico 04

Ho: Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm no influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

H1: Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm sí influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Según el análisis de los resultados de la estadística inferencial aplicada se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson de -0.101, lo que sugiere una correlación negativa moderada: a medida que la abertura de la malla de fibra de agave se incrementa, la resistencia estructural de los muros de adobe disminuye. La prueba de **Levene** validó la homogeneidad de varianzas en la resistencia a tracción diagonal de los muretes ($p = 0.130 > \alpha = 0.05$), mientras que el **ANOVA** indicó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.047 < \alpha = 0.05$) entre muretes patrón, reforzados a 5 cm y a 10 cm. Las comparaciones múltiples de **Duncan** señalaron que los muretes con mallas de 5 cm lograron un mejor desempeño mecánico. Los resultados en las tablas 7 y 8 muestran que las mallas más cerradas presentaron mayores promedios de resistencia a tracción diagonal, aunque en menor grado comparado con mallas de 5 cm de abertura, mejorando la flexibilidad y ductilidad del muro, aumentando la resistencia al corte, y disminuyendo el riesgo de fallas frágiles. Además, las fibras de agave ayudan a controlar fisuras al distribuir tensiones y evitar la rápida propagación de grietas, especialmente beneficioso en zonas sísmicas, aunque la mejora en resistencia es limitada y se destaca en la absorción de tensiones diagonales. En consecuencia, queda demostrado que las mallas de fibra de agave con abertura de 10cm sí influyen significativa y positivamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas,

Apurímac – 2024, es decir, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 .

5.2 Discusión de resultados

En este capítulo, se analizó e interpretó los resultados obtenidos de varios ensayos, incluyendo la resistencia a compresión en unidades de adobe, la resistencia a compresión axial en pilas y la resistencia a tracción diagonal en muretes. Todos estos ensayos se llevaron a cabo en laboratorio con el propósito de determinar las propiedades mecánicas de los muros de adobe.

Asimismo, se realizaron una comparación analítica de los resultados de este proyecto con estudios anteriores realizados en el país, lo que facilitaron la obtención de conclusiones más precisas sobre el comportamiento de los muros de adobe reforzados externamente con fibras de agave.

Determinar la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 5cm y 10cm en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Resistencia a compresión axial

(MORENO & MORI, 2019) en su proyecto, propusieron un refuerzo de muros utilizando mallas de carrizo para la construcción de viviendas de adobe. Para ello, llevaron a cabo ensayos de compresión axial en pilas, tanto estándar como reforzadas con mallas de carrizo con una abertura de 5 cm. Los resultados mostraron un incremento del 13.63% en la resistencia a la compresión axial en comparación con las pilas sin refuerzo.

En esta tesis, se realizaron ensayos de compresión axial para evaluar el efecto de las mallas de fibra de agave en el refuerzo estructural de muros de adobe. Los resultados indicaron que la resistencia a la compresión axial en las pilas estándar fue de 5.83 kgf/cm², mientras que las pilas reforzadas con fibras de agave de 5 cm y 10 cm alcanzaron resistencias de 6.14 kgf/cm² y 5.97 kgf/cm², respectivamente.

Al comparar los resultados del estudio previo con los de este proyecto, se observa una variación en los promedios de resistencia a compresión axial en las pilas. Según la Norma E.080, la resistencia mínima requerida es de 6.12 kgf/cm². En el estudio anterior, el uso de mallas de carrizo con una abertura de 5 cm resultó en un aumento del 8% en la resistencia axial. En este proyecto, el uso de mallas de fibra de agave también incrementó



la resistencia, mostrando un aumento del 11% para las mallas de 5 cm y del 9% para las de 10 cm. Esto permite concluir que, aunque el refuerzo con mallas de carrizo utilizado en el estudio previo mejora considerablemente la resistencia, las mallas de fibra de agave empleadas en este proyecto también incrementan significativamente la resistencia axial, siendo más efectivas cuanto menor es la abertura de la malla.

Por consiguiente, la implementación de la malla de fibra de agave ofrece ventajas al contribuir con propiedades mecánicas adecuadas.

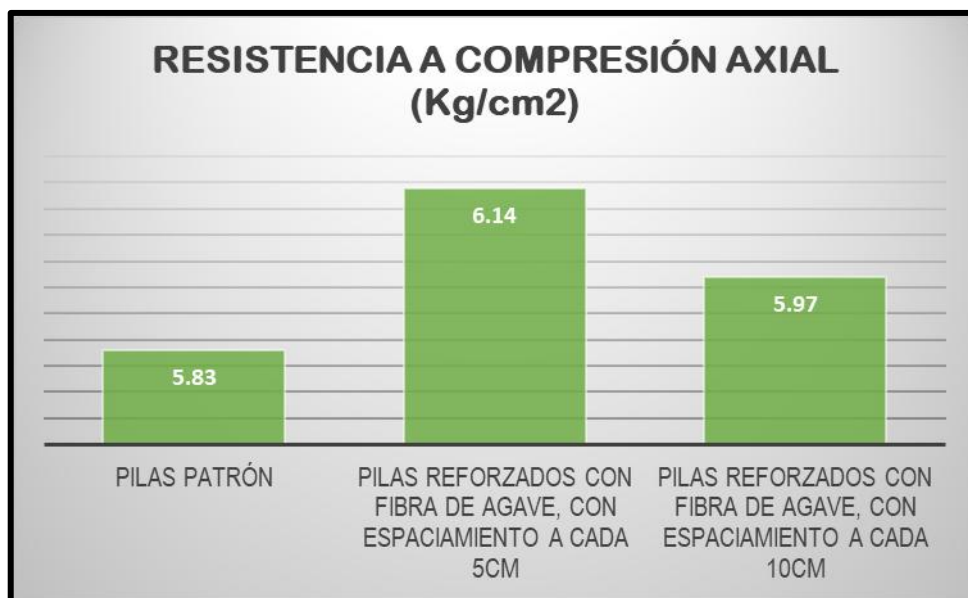


Figura 26 — Gráfico de análisis Comparativo del desempeño en los ensayos

Resistencia a tracción diagonal

(MORENO & MORI, 2019) en su proyecto llevaron a cabo ensayos de compresión diagonal para evaluar el comportamiento estructural de una vivienda unifamiliar de adobe reforzada con mallas de carrizo de 5 cm de abertura. Los resultados indicaron que la resistencia a la compresión diagonal de los muretes sin refuerzo fue de 0.6 kgf/cm², mientras que los reforzados alcanzaron 0.7 kgf/cm².

En esta tesis, se realizaron ensayos de tracción diagonal para analizar los efectos de los esfuerzos de corte en los muros de adobe. Los resultados mostraron que la resistencia a la tracción diagonal en los muretes estándar fue de 0.55 kgf/cm². En contraste, los muros reforzados con mallas de fibra de agave presentaron resistencias de 0.74 kgf/cm² para un

espaciamiento de 5 cm y de 0.61 kgf/cm² para un espaciamiento de 10 cm, lo que demuestra el impacto positivo del refuerzo en la mejora de la resistencia estructural.

Al comparar los resultados del estudio previo con los obtenidos en este proyecto, se notan diferencias en los promedios de resistencia a tracción diagonal en los muretes de adobe. Según la Norma E.080, la resistencia mínima requerida es de 0.25 kgf/cm². En el estudio anterior, el uso de refuerzos incrementó la resistencia diagonal en un 14.29%. De manera similar, en esta tesis, el uso de mallas de fibra de agave resultó en un aumento del 15.99% con una abertura de 5 cm y del 14.96% con una abertura de 10 cm. Estos hallazgos permiten concluir que las mallas de fibra de agave, tanto en el estudio anterior como en este proyecto, mejoran la resistencia a tracción diagonal de los muros de adobe. Sin embargo, el incremento es más notable cuando se utilizan mallas con aberturas más pequeñas, lo que sugiere que un menor tamaño de abertura maximiza la efectividad del refuerzo estructural. Además, estos resultados destacan la importancia de optimizar el tamaño de la malla para potenciar el efecto del refuerzo en la tracción diagonal.

Por consiguiente, la implementación de la malla de fibra de agave ofrece ventajas al contribuir con propiedades mecánicas adecuadas.



Figura 27 — Gráfico de análisis Comparativo del desempeño en los ensayos



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Primero

El análisis inferencial y las pruebas de hipótesis demostraron que el uso de mallas de fibra de agave influye significativamente en el reforzamiento estructural de los muros de adobe. Se observó que la resistencia estructural disminuye a medida que aumenta la abertura de la malla, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.102 . La prueba de Levene ($p = 0.157$) confirmó la homogeneidad de varianzas en la resistencia a compresión, mientras que el ANOVA ($p = 0.047$) evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los muros sin refuerzo y los reforzados. Estos resultados validan que las mallas de fibra de agave mejoran la resistencia estructural.

Segundo

Las pruebas experimentales confirmaron que el uso de mallas de fibra de agave con abertura de 5 cm mejora significativamente la resistencia a compresión axial de los muros de adobe, alcanzando un promedio de 6.14 kg/cm^2 , superior a los 5.97 kg/cm^2 de las mallas de 10 cm y a los 5.83 kg/cm^2 de los muros sin refuerzo. Este incremento del 11% no solo refuerza la resistencia estructural, sino que también mejora la ductilidad, maleabilidad y respuesta sísmica, haciendo que los muros sean más eficientes frente a cargas y fuerzas sísmicas.

Tercero

Las pruebas realizadas demostraron que las mallas de fibra de agave con abertura de 10 cm mejoran la resistencia a compresión axial de los muros de adobe en un 9%, alcanzando un promedio de 5.97 kg/cm^2 en comparación con los 5.83 kg/cm^2 de los muros patrón sin refuerzo. Sin embargo, su desempeño es inferior al de las mallas de 5 cm (6.14 kg/cm^2), evidenciando que a mayor abertura, menor resistencia estructural. Estos resultados confirman que el uso de mallas de 10 cm influye positivamente en la resistencia a compresión axial, aunque con menor efectividad que las de 5 cm.

Cuarto

Las pruebas experimentales demostraron que el uso de mallas de fibra de agave con abertura de 5 cm mejora significativamente la resistencia a tracción diagonal de los muros de adobe, alcanzando un promedio de 0.74 kg/cm², superior a los 0.61 kg/cm² de las mallas de 10 cm y a los 0.55 kg/cm² de los muros sin refuerzo. Este incremento del 15.99% no solo fortalece la resistencia estructural, sino que también mejora la flexibilidad, ductilidad y resistencia al corte, controla la propagación de grietas y ayuda a absorber tensiones diagonales, lo que optimiza el desempeño de los muros frente a cargas y fuerzas sísmicas. Estos hallazgos confirman la influencia positiva de las mallas de 5 cm en la resistencia a tracción diagonal, respondiendo al objetivo de evaluar su impacto en los muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

Quinto

Las pruebas realizadas evidenciaron que el uso de mallas de fibra de agave con abertura de 10 cm mejora la resistencia a tracción diagonal de los muros de adobe en un 14.96%, alcanzando un promedio de 0.61 kg/cm², superior a los 0.55 kg/cm² de los muros sin refuerzo. Sin embargo, su desempeño es inferior al de las mallas de 5 cm (0.74 kg/cm²), lo que confirma que, a mayor abertura, menor resistencia estructural. Estos resultados demuestran que las mallas de 10 cm tienen un impacto positivo en la resistencia a tracción diagonal, aunque con menor eficacia que las de 5 cm, respondiendo así al objetivo de evaluar su influencia en los muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.

6.2 Recomendaciones

Primero

- De acuerdo con los resultados obtenidos en la propuesta de uso de mallas de fibra de agave para el reforzamiento estructural de muros de adobe, se recomienda emplear este material como alternativa de fácil acceso ya que las mallas ecológicas de agave es una técnica innovadora, sostenible y económica, cuya instalación requiere materiales de fácil adquisición y bajo costo, además, su disponibilidad garantiza su viabilidad como una solución estructural para la mejora de la resistencia de los muros de adobe.



- Para mejorar el desempeño en resistencia de los bloques de adobe, se recomienda utilizar la propuesta establecida en el diseño de mezcla, asegurando así una mayor calidad y durabilidad en las construcciones.

Segunda

- De acuerdo con los resultados de este estudio, se recomienda el uso de mallas fabricadas con fibras de agave con una abertura de 5 cm, ya que han demostrado ofrecer un desempeño óptimo en términos de resistencia mecánica, rigidez y ductilidad. Su aplicación en muros de adobe permite mejorar significativamente sus propiedades estructurales en comparación con aquellos que no cuentan con refuerzo.

Tercero

- Se recomienda evaluar el uso de mallas con aberturas menores a 5 cm y cuerdas de un espesor inferior a 8 mm en la elaboración del refuerzo. Dado que la falta de industrialización de las mallas naturales dificulta su manipulación, el empleo de cuerdas más delgadas podría facilitar su manejo y mejorar la eficiencia en la instalación, sin comprometer la efectividad del refuerzo en los muros de adobe.
- Además, se recomienda que el espesor de la cuerda utilizada sea de 8 mm, ya que esto contribuirá a mejorar las propiedades estructurales del muro y garantizará resultados consistentes con los obtenidos en esta investigación.

Cuarto

- Es fundamental cumplir con las normativas vigentes al realizar los ensayos, ya que esto garantiza la precisión y confiabilidad de los resultados, donde el seguimiento riguroso de los estándares establecidos ayuda a evitar errores que puedan alterar los datos obtenidos y afectar la validez de las conclusiones del estudio.
- Asimismo, se recomienda realizar ensayos de fuerza lateral cíclica en mesas vibratorias sobre muretes de adobe reforzados con mallas de agave. Estos ensayos permitirán evaluar la resistencia de los muros ante movimientos sísmicos, verificando la efectividad de la propuesta y contribuyendo a garantizar la seguridad habitacional de las viviendas.



- Se recomienda instruir a las comunidades rurales de la zona de estudio sobre las pautas establecidas en la Norma E.080 "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" para la correcta elaboración de bloques de adobe. Esto contribuirá a mejorar la calidad y seguridad de las construcciones, promoviendo técnicas adecuadas de fabricación y refuerzo estructural.
- Se sugiere que futuras investigaciones desarrollen diseños de mallas biaxiales con aberturas rectangulares, ya que en el presente estudio solo se analizaron mallas con aberturas cuadradas. Esto permitirá ampliar el conocimiento sobre el comportamiento estructural de diferentes configuraciones de refuerzo en muros de adobe.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR , Edy y QUEZADA, Arnold. 2017. *Caracterización física y mecánica del en el Cantón Cuenca. (Bachiller Tesis de titulación)*. Universidad de Cuenca, Ecuador : 2017.

Aliaga Campos, S. 2021. *Propuesta de mallas de fibras de maguey para mejorar la resistencia en muros de adobe.*

ARQUINUBE. 2021. *Manual de Construcción con Adobe Reforzado con Geomallas.* 2021.

BARBAT, ANTONIO. 2018. *Ductilidad en estructuras de hormigón armado, fallas por ductilidad, diseño sismo resistant.* 2018.

BENITES, Victor. 2018. *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina).* Universidad de Piura, Perú : 2018.

BLONDET, J. 2019. *Construcción sismoresistente en tierra: La gran experiencia contemporanea de la Pontificia Universidad Catolica del Perú.* 2019. Informe de la construccion.

BLONDET, N., VARGAS, J. y TARQUE, N. 2012. *Construcción sismoresistente en tierra: La gran experiencia contemporanea de la Pontificia Universidad Catolica del Perú, INFORME DE LA CONSTRUCCION 41-50.* Lima : s.n., 2012.

BORJA, Manuel. 2021. *Metodología de la investigación científica.* Chiclayo, Perú : s.n., 2021. pág. 32.

BRISEÑO , Dilan. 2019. *Análisis del comportamiento a Tracción por flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya. (Tesis de bachillerato).* Universidad Tecnica de Ambato, Ecuador : 2019.

Cancho Zuniga, Gerardo. 2019. *Reforzamiento estructural en muros de adobe .*

Caracterización de la resistencia de un material de banco para su uso como relleno compactado. Scharnier, H. 2023. 2023.

CASTELLANOS, LUIS R. 2017. *Técnica de Observación.* ESPAÑA : s.n., 2017.



Castillo Quiroz , David. 2017. *Physical and mechanical properties of Agave lechuguilla Torr. fiber under plantations of five provenances*. 2017.

DANSO , H, MARTINSON, D y WILLIAMS, J. 2015. *Effect of fibre aspect ratio on mechanical properties of soil building blocks*.

Dirven , Blass Beto, y otros. 2018. *El desarrollo rural establecido en las áreas Vulnerables*. Lima : Colección Racso, 2018.

E.030 Diseño Sismorresistente. MINISTERIO DE VIVIENDAS, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO. 2019. 2019.

E.030, Diseño Sismoresistente Norma. 2019. *NORMA TECNICA PERUANA*. 2019.

E.080, Norma Miniosterio de vivienda, construccion y saneamiento. 2017. *DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA*. 2017.

FERNANDEZ VAQUEIRO, L. 2015. *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto*. 2015.

GIRIBAS, CAMILO. 2017. *Sistema de Drizas: Reforzamiento estructural para construcciones en adobe*. CHILE : s.n., 2017.

Gonzales Orihuela , Eugenia Maria. 2020. *Propuesta de mallas de fibras de maguey para mejorar la resistencia de muros de adobe* .

HERNANDEZ, Sampieri. 2014. *Metodología de la investigación*. ISBN: 9781456223960. México : Sexta edicion, 2014. pág. Pag. 171.

HIGASHI, JULIO. 2021. *Técnicas de Reparación y Reforzamiento Estructural*. ACIPERU. 2021.

INDECI, I.N. 2010. *Compendio Estadístico de Prevención y Atención de desastres*. Lima-Perú : s.n., 2010.

INEI. 2017. *Instituto Nacional de estadistica e informatica*. peru : s.n., 2017.

INI. 2021. *Instituto Nacional de estadistica e informatica* . peru : s.n., 2021.

Isaza Gomez, Cesar Augusto. 2020. *DISEÑO DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL A VIVIENDA CON VULNERABILIDAD EN EL BARRIO DE MONTEBLANCO EN LA LOCALIDAD DE USME*.



KASSEM , N. 2016. *Structural behavior of strengthening masonry in-filled frames subjected to lateral load using bonded and un-bonded CFRP*. KSCE Journal of Civil Engineering,, s.l. : 2016.

La ética en la investigación.

RICHAUD, MARÍA CRISTINA. 2017. 1-2, ESPAÑA : DIALNET MÉTRICAS, 2017, Vol. 19.

LLUMITASIG, Mary y SIZA, Luis. 2018. *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. (Tesis de bachillerato)*. Universidad Tecnica de Ambato, Ecuador : 2018.

LUJÁN, Merly. 2016. *Refuerzo de muros de albañilería confinada con mallas de acero*.

MEJÍA, ELÍAS MEJÍA. 2005. *Técnicas e instrumentos de investigación*. LIMA : Editorial e Imprenta de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.

MORENO , Eliseo. 2021. *La poblacion en una investigación*. 2021.

MUENTES ALVARADO, José Luis. 2021. *Optimización en el uso de adobe sismo resistente como material constructivo para viviendas familiares de bajo costo*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador : 2021.

MURILLO, Javier. 2019. *Metodos de investigacion de enfoque experimental*. Peru : s.n., 2019.

NORMA E.080. 2017. *DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA*. 2017.

Norma E.080, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA. 2017. *Ministerio de Vivienda, Construccion y Saneamiento*. 2017.

NORMA E.080, NORMA. 2017. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA. [En línea] 2017.

NORMA TECNICA E.070, NORMA TÉCNICA. 2017. *ALBAÑELERIA*. 2017.

NOVOA, PEDRO FÉLIX. 2020. *Uso de grafías: libros de investigación*. LIMA : s.n., 2020.

OSINFOR. 2022. *Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de fauna silvestre*. 2022.

Preserva Ingeniería y Construcción. Perez , Ruben . 2016. 2016.



- QUAGLIANIRI, E. 2016. *Flexible repointing of historical facing-masonry column-type specimens with basalt fibers*. Journal of Cultural Heritage : 2016.
- QUISPE, Fernando. 2019. *Evaluación del efecto del agave azul (Agave americana sp. Andina) en la captura de agua y mejoramiento en la fertilidad de los suelos volcanicos endurecidos*. UNIVERSIDAD CENTRAL DE ECUADOR, Ecuador : 2019.
- ROMERO, Erick. 2022. *Nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe en la ciudad de Andahuaylas-apurimac*. Universidad de Cesar Vallejo, Lima : 2022.
- SAIZ RUIZ, IVAN. 2021. *Diseño Estructural con FAGUS*. 2021.
- SALAZAR , Lisa. 2017. *Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiercol, sabia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala*. UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, ECUADOR : 2017.
- SALDAÑA, Alberto. 2017. *Determinación de algunas propiedades físicas de Agave tequilana weber para mecanizar la cosecha*. MEXICO : s.n., 2017.
- SAMPIERI. 2014. *Fundamentos de investigación* (Disponible en Biblioteca Virtual ULA, colección Pearson). Mexico : s.n., 2014.
- SAMPIERI, ROBERTO HERNÁNDEZ. 2014. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Mexico : s.n., 2014.
- SAN BARTOLOME, Angel. 2011. *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañelería*. Canadá : 2011.
- SANTA MARIA, Heisen. 2014. *Experimental investigation of masonry panels externally strengthened with cfrp laminates and fabric subjected to in-plane*. In Proc 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver-Canada : 2014.
- SANTILLAN, Patricia. 2019. *Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas*. 2019. INFORME DE CONSTRUCCION.
- SHACKELFORD. 2017. *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. 2017.
- Sismoresistente, Norma E.030 diseño. 2019. *Ministerio de viviendas, construcción y saneamiento*. 2019.



Sismorresistente, Norma E.030 Diseño. 2019. *Ministerio de viviendas, construcción y saneamiento*. 2019.

SULBARÁN, DIMAS. 2009. *CONCEPTOS FUNDAMENTALES PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS*. VENEZUELA : s.n., 2009.

Tecnología Industrial II, Tecnología Industrial. 2018. *Everest Sociedad Anónima*. 2018.

Tovar, Genner Luis. 1986. *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Bogotá : Cengage, 1986.

UNAMBA. 2023. *Código de Ética de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (2023)*. Abancay : s.n., 2023.

Velazquez Ramos, José Antonio. 2020. *Investigación de los efectos de diferentes fibras naturales en la fuerza de los bloques de tierra combinados estabilizados*. 2020.

Villegas Espinoza, Karla Rita. 2022. *Reforzamiento estructural con mallas ecológicas para muros de adobe en viviendas de Huacarpana*.

VIVANCO, José. 2018. *Muestreo estadístico, Diseño y aplicaciones*. México : s.n., 2018.

2023. Wikipedia. [En línea] 2023.

WILLNER, MONTALVO FRITAS. 2021. *Población y Muestra de estudio* . 2021.



ANEXOS



Anexo N° 01: Matriz de consistencia

Tabla 50 — Tabla de matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACION DE VARIABLE S			METODOLOGIA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Indicadores	Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Explicativo Tipo: Aplicada. Diseño: Experimental. Técnica: Observación experimental. Instrumentos: Ficha de recolección de datos en campo. Ficha técnica para los ensayos de laboratorio. Muestreo: No probabilístico.
¿Cuál es la influencia de mallas de fibra de agave en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac - 2024?	Determinar la influencia de mallas de fibra de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.	Las mallas de fibra de agave influyen significativamente en el reforzamiento estructural de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac - 2024	(VARIABLE INDEPENDIENTE) MALLAS DE FIBRAS DE AGAVE	X1= Mallas con abertura de 5cm	<ul style="list-style-type: none"> ○ El módulo de elasticidad. ○ Alargamiento de la malla. 	
Problemas específicas	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			X2= Mallas con abertura a cada 10cm	
¿Cuál es la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 5cm en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac - 2024?	Determinar la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 5cm en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.	Las mallas de fibras de agave con abertura de 5cm influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.		(VARIABLE DEPENDIENTE) REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL		
¿Cuál es la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 10cm en la resistencia a la compresión axial en muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac - 2024?	Determinar la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 10cm en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.	Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm influyen significativamente en la resistencia a la compresión axial de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.	Y2=resistencia a la tracción diagonal		<ul style="list-style-type: none"> ○ Muretes de adobe patrón. ○ Muretes reforzados con mallas de 5 cm. ○ Muretes reforzados con mallas de 10 cm. 	
¿Cuál es la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 10cm en la resistencia a la tracción diagonal en muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac - 2024?	Determinar la influencia de mallas de fibras de agave con abertura de 10cm en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.	Las mallas de fibras de agave con abertura de 10cm influyen significativamente en la resistencia a la tracción diagonal de muros de adobe para viviendas en el sector de Patán, distrito de Haquira, Cotabambas, Apurímac – 2024.				

El comportamiento estructural de los muros reforzados con mallas de fibras de agave será significativamente mejor en comparación con los muros patrón no reforzados, en el sector de Patán, Haquira, Cotabambas, Apurímac en 2024.

Anexo N° 02: Instrumentos de recolección de datos

Ficha Técnica para Ensayos de Laboratorio:

ENSAYO	:	ALABEO
PROYECTO	:	<i>Influencia de mallas de fibras de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe de viviendas en el sector de Patan, Haquira Cotabambas, Apurímac - 2024.</i>
TIPO DE MUESTRA	:	<i>Unidad de Adobe</i>
SOLICITANTE	:	<i>Ronald Huanaco Chumbez</i>
UBICACIÓN	:	<i>Cotabambas - Apurímac.</i>
FECHA	:	<i>04/09/2024.</i>

N° REGISTRO	Dimensiones (mm)							
	Cara de Asiento A				Cara de Apoyo B			
	Concavo		Convexo		Concavo		Convexo	
	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02	Diagonal 01	Diagonal 02
Unidad de Adobe								
M 1	4.00	4.00	-	-	-	-	4.00	3.00
M 2	3.00	2.00	-	-	-	-	2.00	2.00
M 3	1.00	2.00	-	-	-	-	4.00	6.00
M 4	3.00	2.00	-	-	-	-	5.00	5.00
M 5	5.00	5.00	-	-	-	-	4.00	3.00
M 6	4.00	3.00	-	-	-	-	3.00	4.00
	<i>Promedio:</i>	3.46		mm				
	<i>Desviacion estandar:</i>	1.25		mm				
	<i>Alabeo caracteristico:</i>	2.21		mm				
	<i>% variacion:</i>	0.36		%				

Norma de referencia NTP 399.613/ASTM C. 67/ RNF-F070, F080.

Nota: _____

Figura 28 — Instrumentos de recolección de información del laboratorio - Alabeo



ENSAYO		ABSORCIÓN Y SUCCIÓN							
PROYECTO	:	Influencia de mallas de fibras de agave en reforzamiento estructural de muros de adobe de viviendas en el sector de Patan, Haquira Cotabambas, Apurímac - 2024.							
TIPO DE MUESTRA	:	Unidad de adobe							
SOLICITANTE	:	Ronald Huanaco Chumbez							
UBICACIÓN	:	Cotabambas - Apurímac.							
FECHA	:	04/09/2024.							
DESCRIPCION			NUMERO DE MUESTRAS						PROMEDIO
UNIDAD DE ADOBE			U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	
Peso de la unidad en estado natural = (w0)			6557.00	7083.00	7984.00	7402.00	7669.00	6898.00	7265.50
Peso de la unidad secado a 110°C = (w1)			6263.00	6770.00	7222.00	7060.00	7286.00	6675.00	6879.33
Peso de la unidad, luego de haber sumergido su cara de asiento una altura de 3mm en una película de agua durante 1 minuto = (w2)			6371.00	6853.00	7321.00	7151.00	7407.00	6759.00	6977.00
Peso de la unidad saturada, después de haber sumergido en agua durante 24 horas en un pozo = (w3)			8213.00	8824.00	9091.00	8994.00	9297.00	7633.00	8675.33
Peso de la unidad sumergida totalmente en agua = (w4)			3672.00	3951.00	4168.00	4125.00	4243.00	3786.00	3990.83
Área de la cara de asiento = (ACA)			496.00	500.85	478.89	480.50	504.00	486.70	491.16
Altura promedio = h			8.58	7.75	8.45	8.08	8.25	7.75	8.14
	FORMULA	UNIDAD	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	PROMEDIO
Humedad natural=Hn:	$Hn(\%) = 100 \frac{W0 - W1}{W1}$	%	4.69	4.62	10.55	4.84	5.26	3.34	5.55
Succión=SU :	$SU = 200 \frac{W2 - W1}{ACA}$	(gr/200 cm ² -min)	43.55	33.14	41.35	37.88	48.02	34.52	39.74
Absorción=A:	$A(\%) = 100 \frac{W3 - W1}{W1}$	%	31.14	30.34	25.88	27.39	27.60	14.35	26.12
Densidad seca al horno	$D = \frac{W1}{W3 - W4} \cdot 1 \text{ gr/cm}^3$	gr/cm ³	1.38	1.39	1.47	1.45	1.44	1.74	1.48
Volumen neto =Vn:	$Vn = \frac{w1}{D}$	cm ³	4541.00	4873.00	4923.00	4869.00	5054.00	3847.00	4684.50
Área neta media =An:	$An = \frac{V}{h}$	cm ²	529.56	628.77	582.60	602.97	612.61	496.39	575.48
ACA: área de la cara de asiento en cm ² 1gr/cm ³ : peso específico del agua h: Altura promedio.									
Norma de referencia NTP 399.613/ASTM C 67/ RNE-E070					Ensayos: FMMH				
Nota: _____									

Figura 29 — Instrumentos de recolección de información del laboratorio - Absorción y Succión

Anexo N° 03: Resultado de ensayos de laboratorio

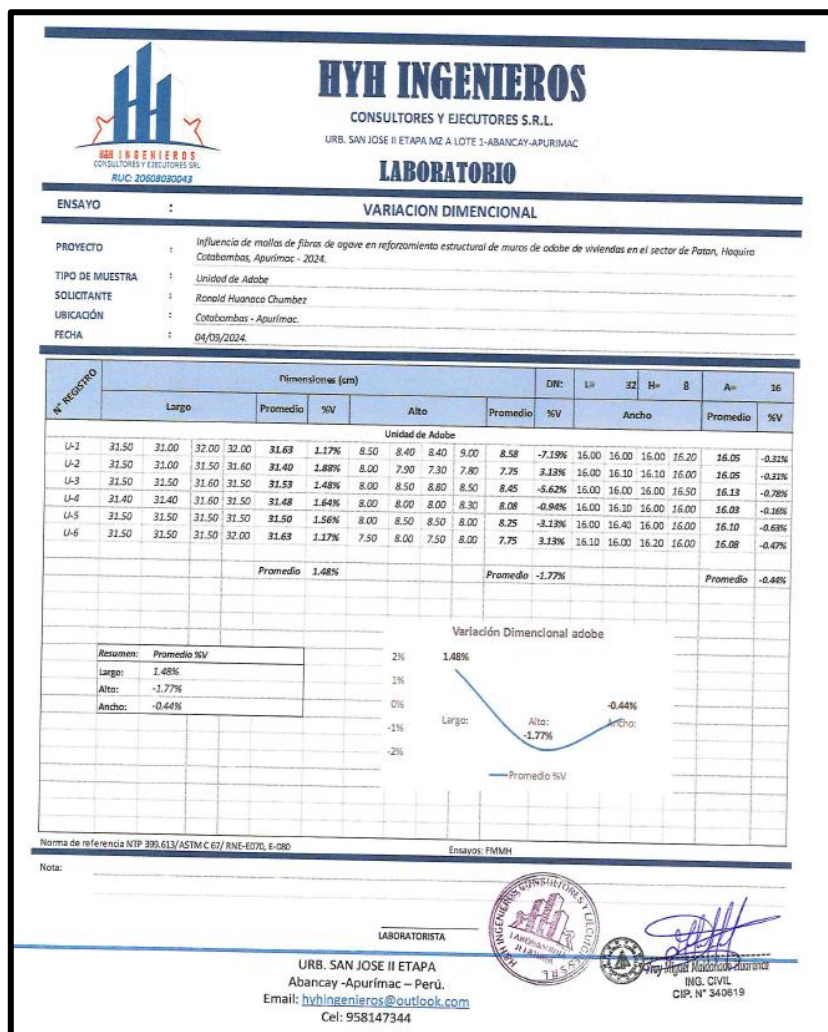


Figura 30 — Informe de ensayo de variación dimensional de unidad de adobe



Figura 31 — Informe del ensayo de alabeo de unidad de adobe

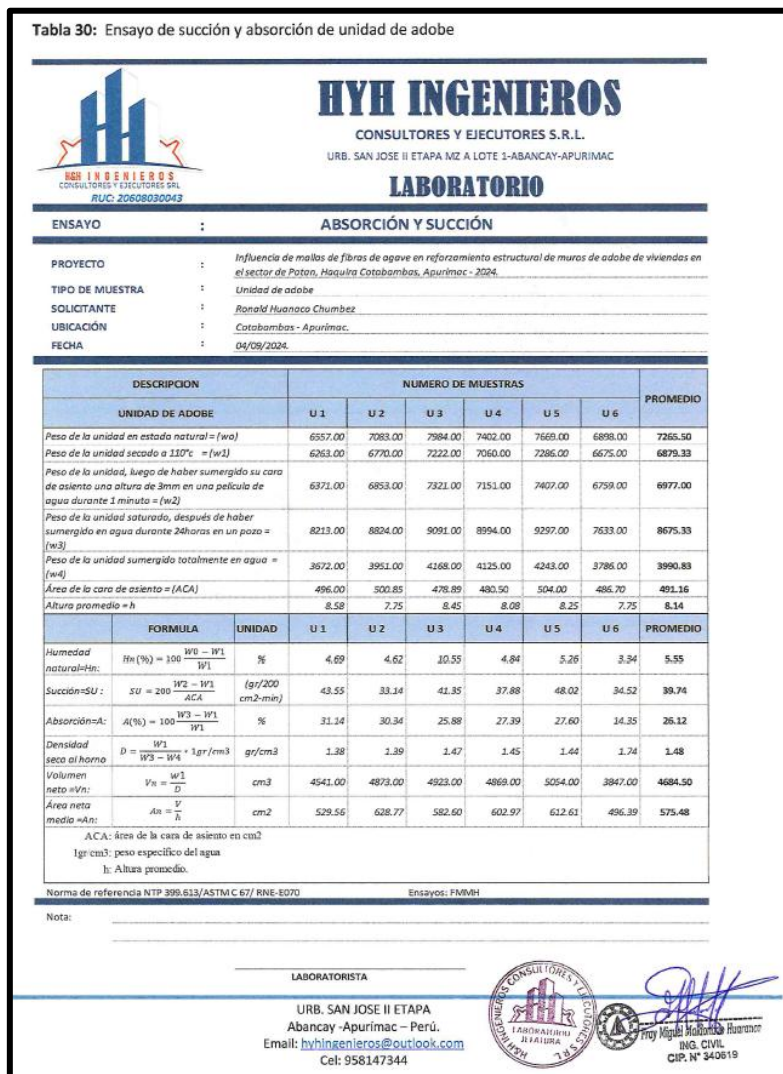


Figura 32 — Informe del ensayo de succión y absorción de unidades de adobe

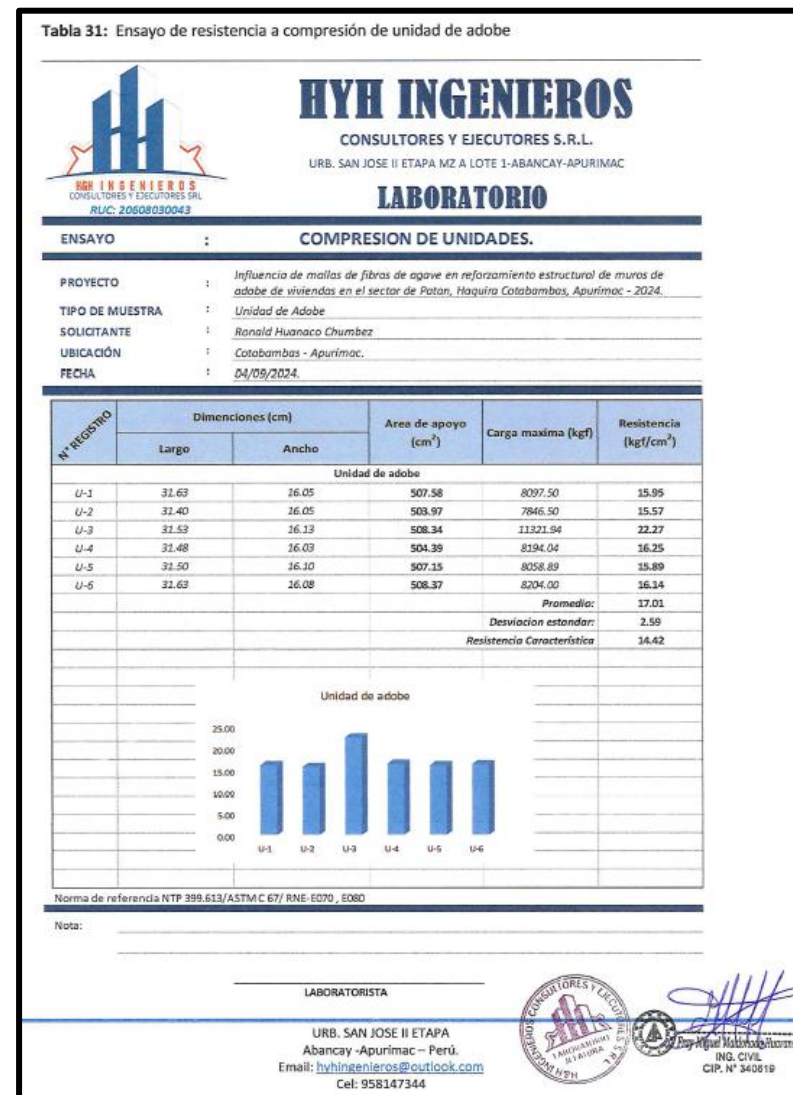


Figura 33 — Informe del ensayo de resistencia a compresión de unidades de adobe

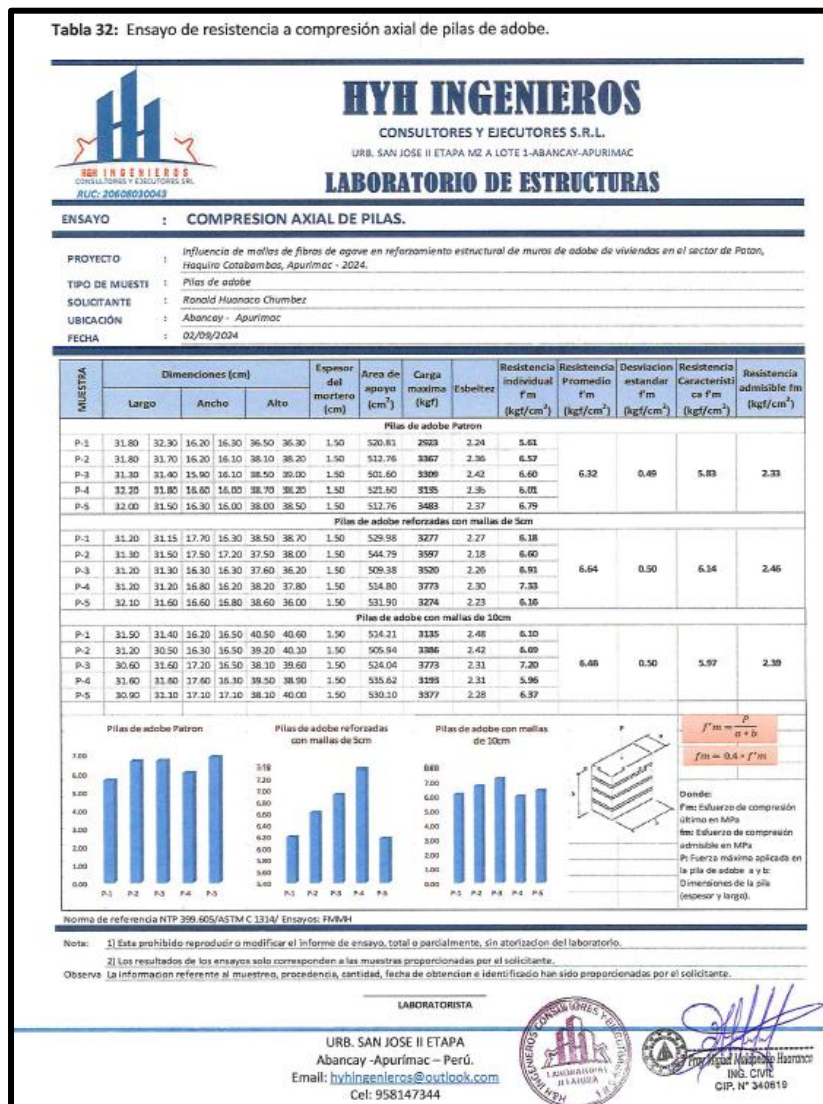


Figura 34 — Informe de ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de adobe

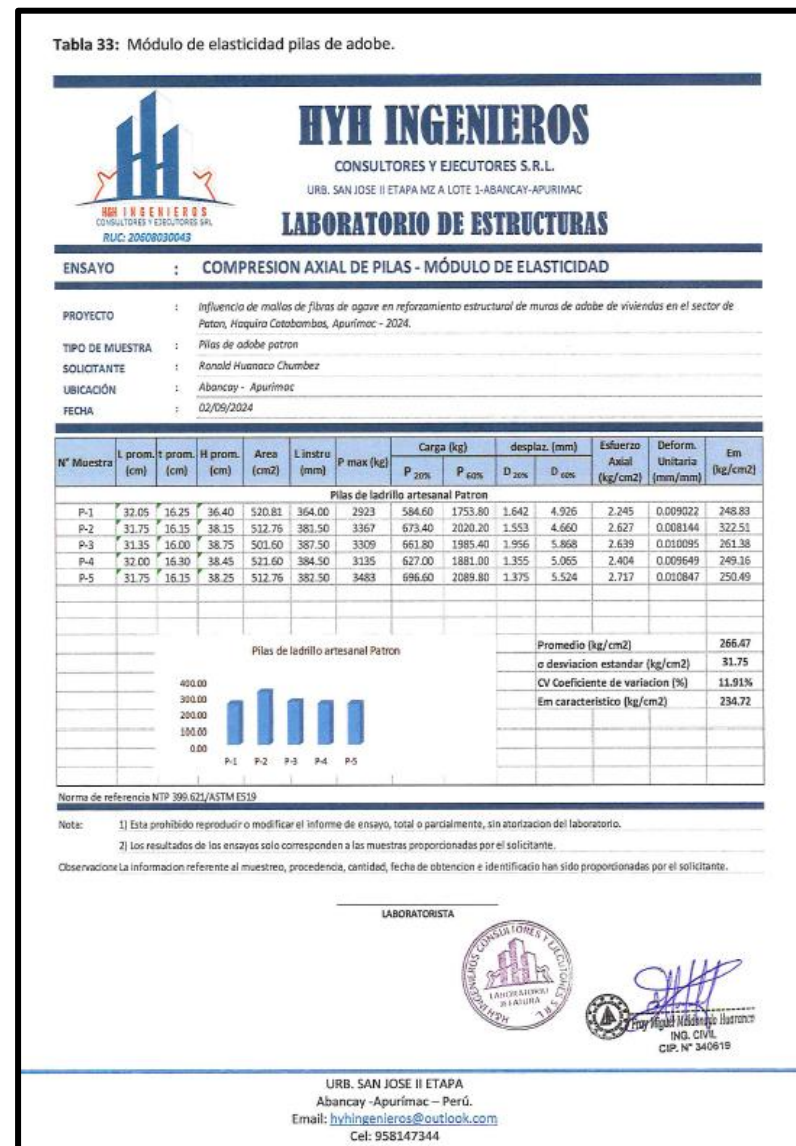


Figura 35 — Informe de módulo de elasticidad de pilas de adobe

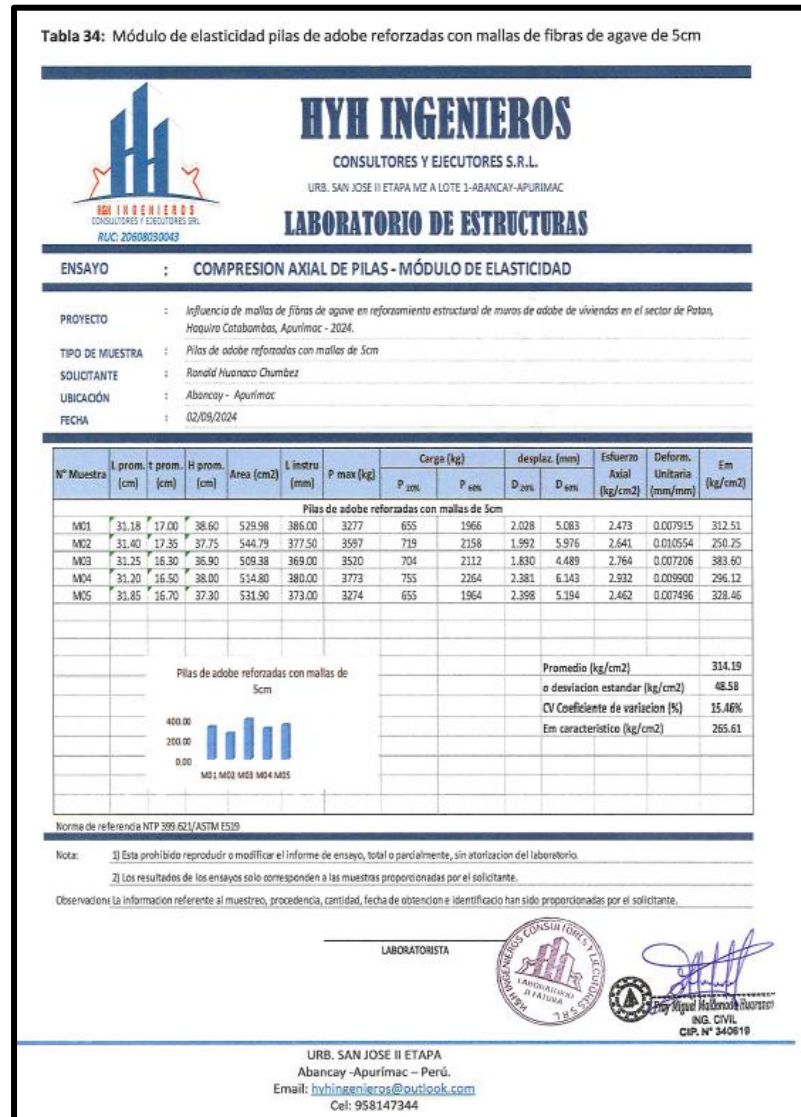


Figura 36 — Informe de módulo de elasticidad pilas de adobe reforzado con mallas de fibras de agave de 5cm

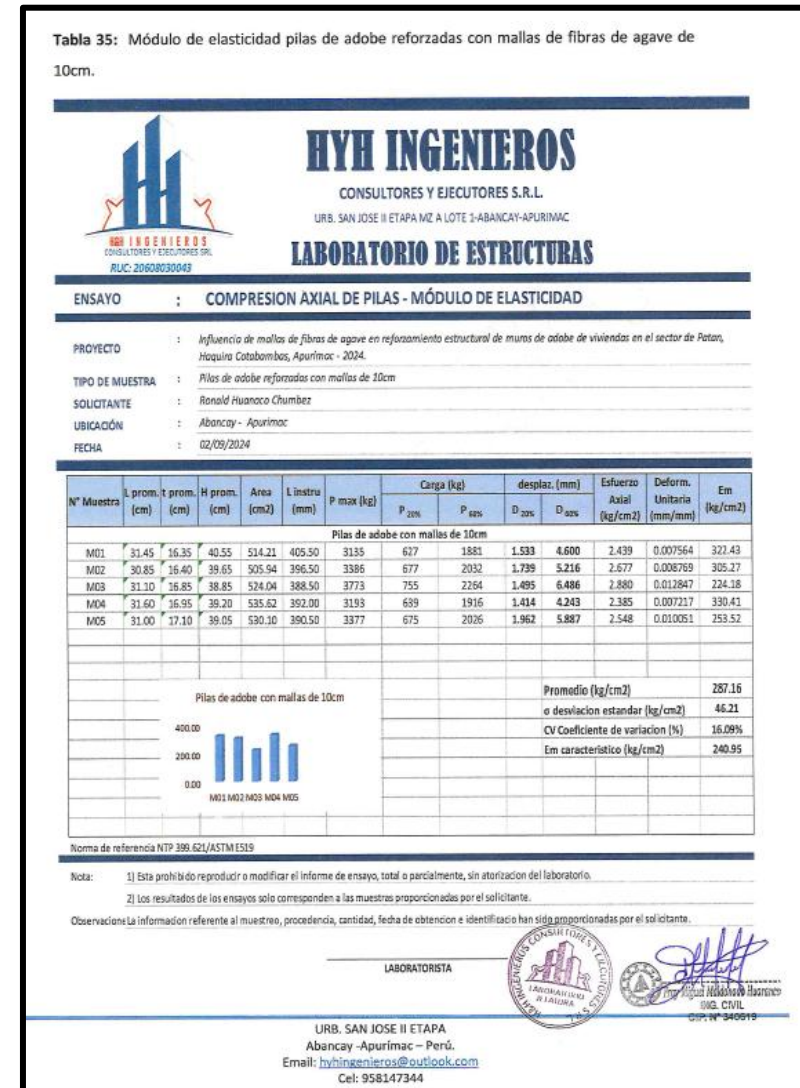


Figura 37 — Informe de módulo de elasticidad pilas de adobe reforzado con mallas de fibras de agave de 10cm

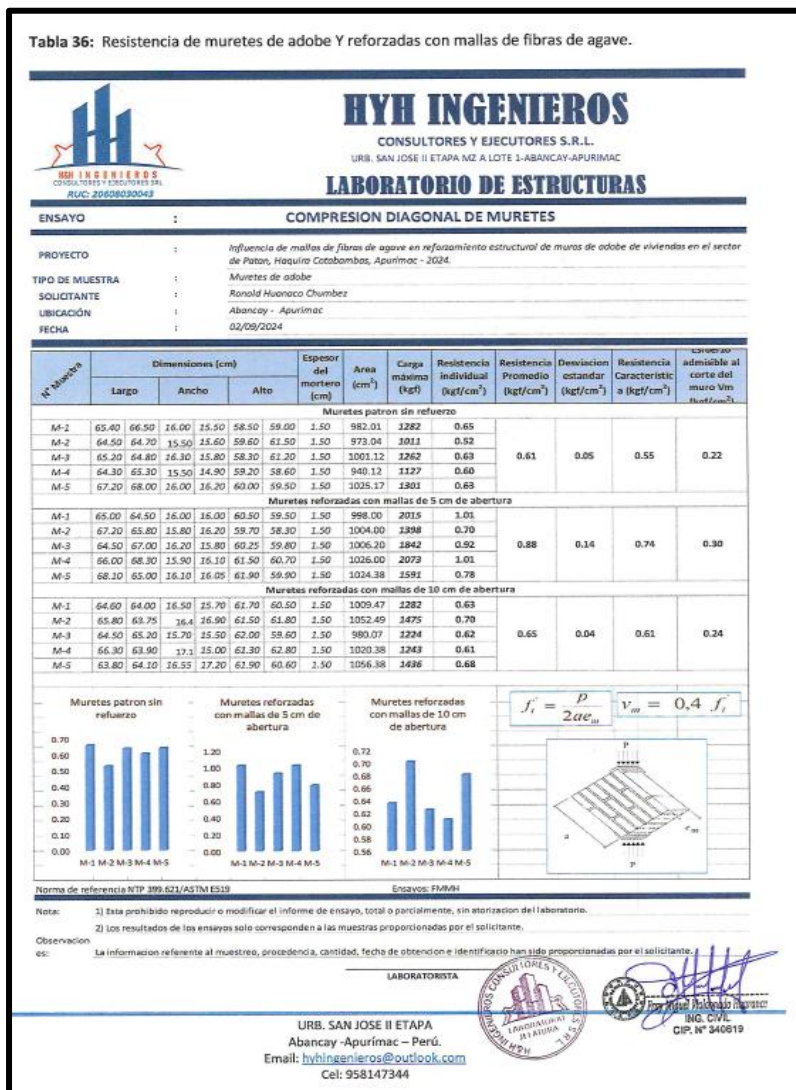


Figura 38 — Informe de ensayo de resistencia de muretes de adobe y reforzada con mallas de fibras de agave



Figura 39 — Informe de módulo de elasticidad de muretes de adobe

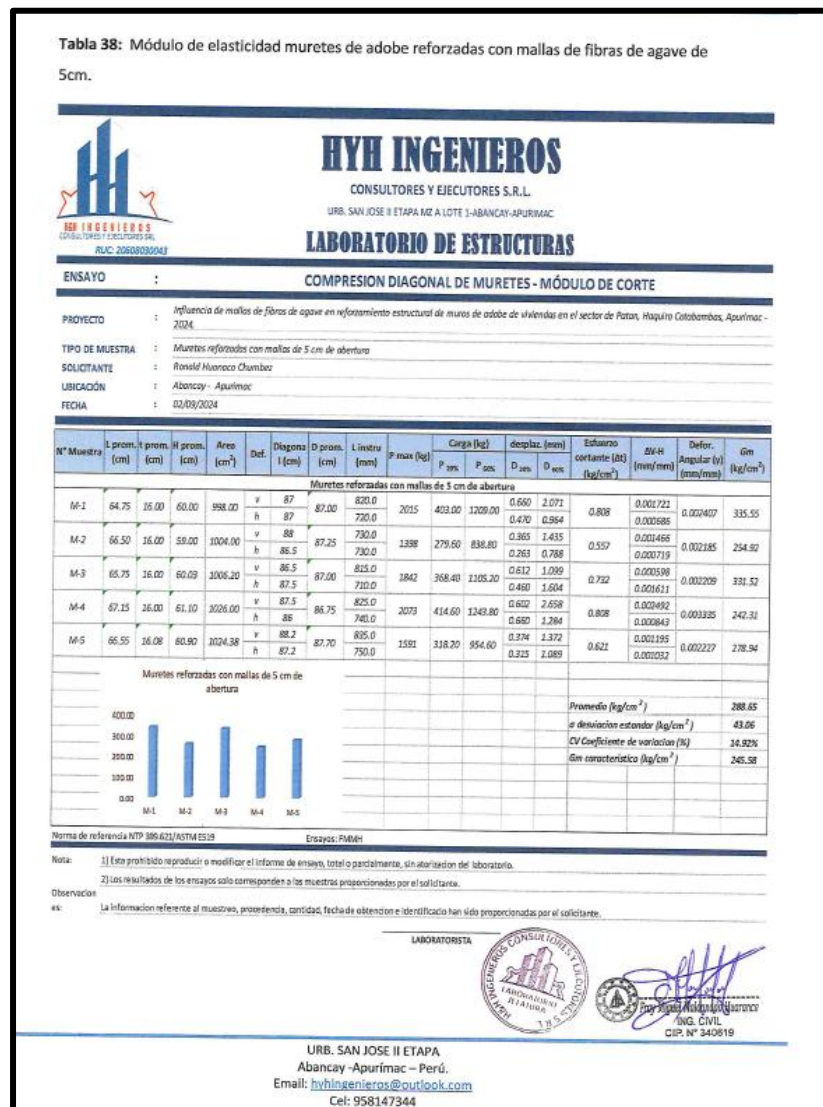


Figura 40 — Informe de módulo de elasticidad de muretes de adobe reforzado con mallas de fibras de agave de 5cm

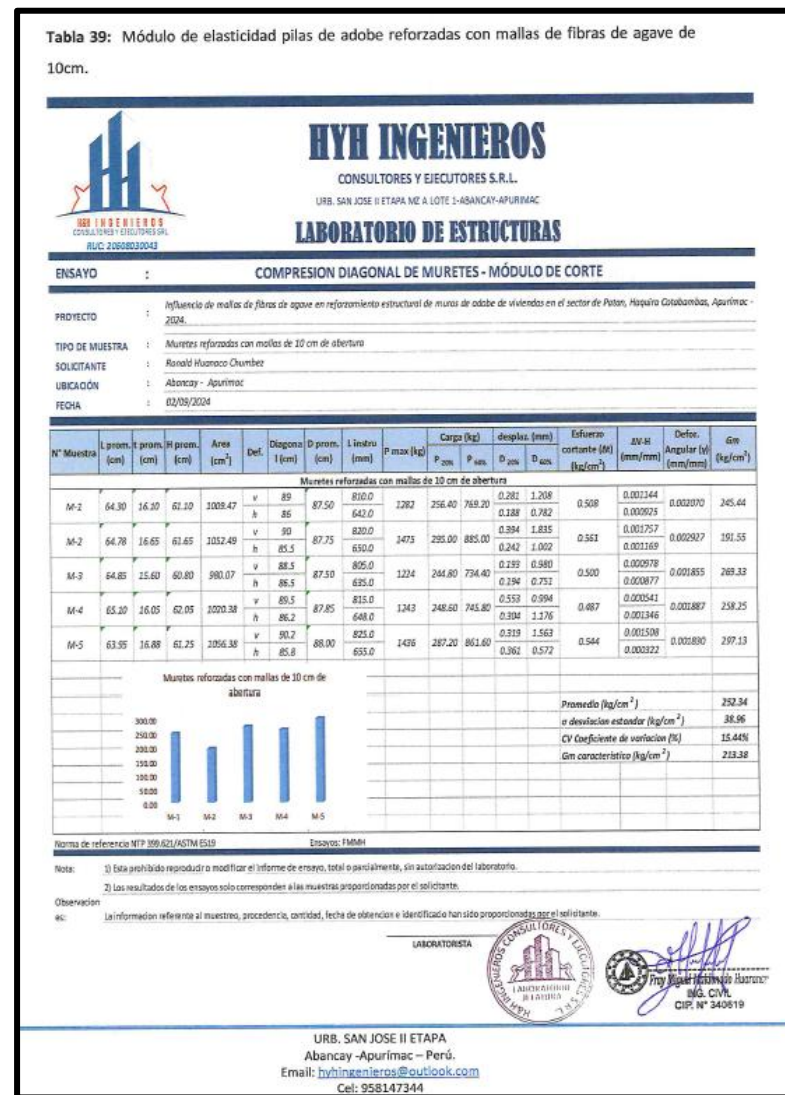



Figura 41 — Informe de módulo de elasticidad de muretes de adobe reforzado con mallas de fibras de agave de 5cm

Anexo N° 04: Certificados de calibración



Pág. 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0025-COE-2024

PRESA HIDRÁULICA CON MANÓMETRO


CLIENTE : H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

DIRECCIÓN : MZA. A LOTE. 1 URB. SAN JOSE II ETAPA (DETRAS DEL QUINTA SOL, ESTRELLA, ARENA C2P) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

DATOS DEL EQUIPO

Presna Marca : NO INDICA
 Modelo : NO INDICA
 Serie : 1245
 Capacidad : 60 TN
 Procedencia : PERÚ
 Identificación : NO INDICA
 Ubicación : LABORATORIO DE CONCRETO


Fecha de emisión:
Lima, 08 de Junio del 2024



Firmado digitalmente por Diego Moreno Prado
 Fecha: 2024-06-10 07:42:03
Gerente General

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO
 Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología
 Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601
 Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600
 ventas@cadentsac.com.pe cadentsacperu@hotmail.com operaciones@cadentsac.com.pe web: www.cadentsac.com.pe

Figura 42 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro 1/3



Certificado de Calibración N° 0025-COE-2024
Pág. 2 de 3

VERIFICACIÓN

1.- GENERALIDADES.
A solicitud de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L., se procedió a verificar una Prensa hidráulica. La calibración se realizó en las Instalaciones de Laboratorio de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.

2.- DEL SISTEMA A VERIFICAR.

PRESA HIDRAULICA CON MANÓMETRO

Presna Marca :	NO INDICA	Dial	:	NO INDICA
Modelo/Serie :	NO INDICA / 1245	Marca	:	WINTERS
Capacidad :	60 TN	Modelo	:	DPG SERIES
Procedencia :	PERU	Serie	:	NO INDICA
Identificación :	NO INDICA			
Ubicación :	LABORATORIO DE CONCRETO			

3.- DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN.

Celda de Carga :	ANYLOAD	Indicador :	ANYLOAD
Modelo :	101BH	Serie :	4917000036
Serie :	201825	División :	0,1 kgf
Carga Nominal :	120 TN		
Modalidad :	COMPRESIÓN		

4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN.

Fecha : 2024-06-01
 Lugar : Instalaciones de Laboratorio de H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.


5.- PROCEDIMIENTO.
El procedimiento toma como referencia al Método C de la norma ISO 7500-1 y la norma ASTM E4-16, Se aplicaron tres series de carga al Anillo mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

6.- CONDICIONES AMBIENTALES.

Temperatura Inicial :	20,7 °C
Temperatura Final :	20,6 °C
Humedad Relativa :	64 %

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO
 Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología
 Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601
 Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600
 ventas@cadentsac.com.pe cadentsacperu@hotmail.com operaciones@cadentsac.com.pe web: www.cadentsac.com.pe

Figura 43 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro 2/3



Certificado de Calibración N° 0025-COE-2024
Pág. 3 de 3

7.- TRAZABILIDAD.
Certificado de Calibración 113-24. Con trazabilidad en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica.

8.- RESULTADOS
- En la Tabla N° 01 se muestran los promedios de las series de verificación y los errores correspondientes.
- En el Gráfico N°01 se muestra la curva de regresión y la ecuación de ajuste correspondientes a la presente calibración.
- Con fines de identificación se ha colocado etiquetas con el número del certificado.

8.1.- INSPECCION VISUAL
- El equipo no presenta ninguna observación.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO
Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología
Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 827-9801
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 827-9800

ventas@cadentsac.com.pe cadentsacperu@notmail.com operaciones@cadentsac.com.pe web: www.cadentsac.com.pe

Figura 44 — Certificado de calibración de prensa hidráulica con manómetro 3/3



PERUTEST S.A.C.
VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 0235 - 2023

Página 1 de 4

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

1. Expediente	4177-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
2. Solicitante	H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.	
3. Dirección	MZA. A LOTE. 1 URB. SAN JOSE II ETAPA (DETRAS DEL QUINTA SOL. ESTRELLA, ARENA C2P) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	30000 g	
División de escala (d)	1 g	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	R21PE30ZH	
Número de Serie	8356390758	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2023-10-03	
Fecha de Emisión	2023-10-03	Jefe del Laboratorio de Metrología <i>[Firma]</i> JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA
		Sello 

913 028 621 / 913 028 622 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
913 028 623 / 913 028 624 ventas@perutest.com.pe
www.perutest.com.pe PERUTEST SAC

Figura 45 — Certificado de calibración de balanza electrónica 1/3



PERUTEST S.A.C.
 VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
 SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
 RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 0235 - 2023

Área de Metrología
 Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII" del SNM- INACAL

7. Lugar de calibración

En las instalaciones de PERUTEST SAC.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.4 °C	20.4 °C
Humedad Relativa	64%	64%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	0933-MPES-C-2023
PESATEC	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	0944-MPES-C-2023
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1029-002-23
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1029-001-23
ELICROM	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	CCP-0102-001-23

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (***) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624


🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC

Figura 46 — Certificado de calibración de balanza electrónica 2/3



PERUTEST S.A.C.
 VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
 SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
 RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 0235 - 2023

Área de Metrología
 Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	14,999	200	-700	30,001	700	800	
2	15,000	600	-100	30,000	500	0	
3	15,000	400	100	30,000	500	0	
4	15,000	600	-100	30,000	500	0	
5	15,000	500	0	30,000	500	0	
6	15,000	500	0	30,000	700	-200	
7	15,000	500	0	30,000	500	0	
8	15,001	800	700	30,000	600	-100	
9	15,001	900	600	30,000	500	0	
10	15,001	800	700	30,000	600	-100	
Diferencia Máxima			1,400	Diferencia Máxima			1,000
Error Máximo Permissible			± 3,000	Error Máximo Permissible			± 3,000


ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	5
3		4

Posición de las cargas

Posición de la Carga	Carga Mínima*	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec				
		I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	10 g	10	500	0	10,000	10,000	500	0	0
2		10	600	-100		10,001	800	700	800
3		9	200	-700		10,000	600	-100	600
4		10	400	100		10,000	600	-100	-200
5		10	600	-100		10,000	500	0	100
		Error máximo permisible			± 3,000				

* Valor entre 0 y 10e



☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC

Figura 47 — Certificado de calibración de balanza electrónica 3/3



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 0235 - 2023

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura Inicial Final
 20.4 °C 20.4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
10	10	500	0	0	10	500	0	0	1,000
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	500	0	0	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,000	600	-100	-100	10,000	500	0	0	3,000
15,000	15,000	500	0	0	15,000	500	0	0	3,000
20,000	20,000	600	-100	-100	19,999	200	-700	-700	3,000
25,000	25,000	500	0	0	24,999	200	-700	-700	3,000
30,000	30,000	500	0	0	29,999	300	-800	-800	3,000

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_C: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0.4106667 \text{ g}^2 + 0.00000000071 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida R CORREGIDA = R - 0.0000019 R

12. Incertidumbre
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.
La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.
Fin del documento



☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LT - 090 - 2023

Página 1 de 5

1. Expediente 3770-2023
2. Solicitante H Y H INGENIEROS CONSULTORES Y EJECUTORES S.R.L.
3. Dirección MZA. A LOTE. 1 URB. SAN JOSE II ETAPA (DETRAS DEL QUINTA SOLESTRELLA,ARENA C2P) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY
4. Equipo HORNO
Alcance Máximo 300 °C
Marca TECNICAS CP
Modelo STHX-2A
Número de Serie 190938
Procedencia CHINA
Identificación NO INDICA
Ubicación NO INDICA
5. Fecha de Calibración 2023-09-13

Fecha de Emisión 2023-09-13

Jefe del Laboratorio de Metrología Sello



JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA





Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMOMETRO DIGITAL

☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC

Figura 48 — Certificado de calibración del horno 1/6

Figura 49 — Certificado de calibración del horno 2/6



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LT - 090 - 2023

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

MZA. A LOTE. 1 URB. SAN JOSE II ETAPA (DETRAS DEL QUINTA SOL, ESTRELLA, ARENA C2P) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.0 °C	21.0 °C
Humedad Relativa	56 %	56 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
SAT	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL	LT-0417-2023
ELICROM	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	CCP-0102-001-23

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



☎ 913 028 621 / 913 028 622


☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN


PT - LT - 090 - 2023

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 21 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	107.1	106.9	105.8	109.0	105.8	107.0	112.3	113.9	107.1	111.5	108.6	8.1
02	110.0	107.1	107.5	105.8	108.6	105.8	107.1	111.9	114.2	107.1	111.3	108.6	8.4
04	110.0	106.9	107.4	105.8	108.6	105.8	107.2	112.4	114.0	106.9	111.6	108.7	8.2
06	110.0	107.0	107.4	105.5	108.6	105.5	107.1	112.5	114.3	107.0	111.2	108.6	8.8
08	110.0	107.1	107.3	105.7	109.0	105.7	106.9	112.4	114.1	107.1	111.3	108.7	8.4
10	110.0	107.0	107.4	105.3	108.6	105.8	107.3	112.3	114.1	107.0	111.4	108.6	8.8
12	110.0	107.1	107.5	105.5	108.6	105.5	106.7	112.4	114.3	107.1	111.3	108.6	8.8
14	110.0	106.9	107.3	105.5	109.0	105.5	106.6	112.7	114.1	106.9	111.4	108.6	8.6
16	110.0	107.0	107.5	106.1	108.6	106.1	106.7	112.5	114.4	107.0	111.8	108.8	8.3
18	110.0	107.1	107.3	106.3	109.0	106.3	106.8	112.6	114.3	107.1	111.0	108.8	8.0
20	110.0	107.1	107.2	106.2	108.6	106.2	106.7	112.3	114.2	107.1	110.9	108.6	8.0
22	110.0	107.1	107.1	106.1	108.6	106.1	107.1	112.7	114.4	107.1	111.5	108.8	8.3
24	110.0	106.9	107.3	106.2	108.6	106.2	107.5	112.6	113.9	106.9	111.4	108.7	7.7
26	110.0	107.0	107.3	106.5	108.6	106.5	107.5	112.3	114.1	107.0	111.3	108.8	7.6
28	110.0	106.9	106.9	106.3	108.6	106.3	107.7	112.6	114.2	106.9	111.4	108.8	7.9
30	110.0	107.0	107.0	106.4	109.0	106.4	107.7	112.5	114.3	107.0	111.5	108.9	7.9
32	110.0	107.1	107.6	106.4	108.6	106.4	107.5	112.7	114.4	107.1	111.5	108.9	8.0
34	110.0	107.0	107.3	106.3	109.0	106.3	107.5	112.6	114.1	107.0	111.3	108.8	7.8
36	110.0	107.1	107.3	106.2	108.6	106.2	107.8	112.3	114.2	107.1	111.1	108.8	8.0
38	110.0	107.1	107.3	106.3	108.6	106.3	107.2	112.4	114.1	107.1	111.2	108.8	7.8
40	110.0	106.9	107.4	106.4	109.0	106.4	107.4	112.4	114.3	106.9	111.2	108.8	7.9
42	110.0	107.0	106.9	105.9	108.6	105.9	106.7	112.8	114.4	107.0	111.0	108.6	8.5
44	110.0	107.0	107.5	106.7	108.6	106.7	106.8	112.7	114.2	107.0	111.4	108.9	7.5
46	110.0	107.1	107.3	106.7	108.6	106.7	106.8	112.7	114.1	107.1	111.3	108.8	7.4
48	110.0	107.1	107.4	106.6	109.0	106.6	106.7	112.3	114.0	107.1	110.9	108.8	7.4
50	110.0	106.9	107.2	106.3	108.6	106.3	106.5	112.4	114.1	106.9	111.3	108.6	7.8
52	110.0	107.0	107.3	106.4	108.6	106.4	106.7	112.5	114.4	107.0	111.5	108.8	8.0
54	110.0	107.1	107.2	106.2	108.6	106.2	106.5	112.7	114.2	107.1	111.7	108.7	8.0
56	110.0	107.1	107.0	106.4	108.6	106.4	107.2	112.6	114.0	107.1	110.9	108.7	7.6
58	110.0	106.9	107.4	106.3	109.0	106.3	107.2	112.4	114.4	106.9	111.7	108.8	8.1
60	110.0	107.0	107.5	106.1	108.6	106.1	107.5	112.4	114.3	107.0	111.7	108.8	8.2
T.PROM	110.0	107.0	107.3	106.1	108.7	106.1	107.1	112.5	114.2	107.0	111.3	108.7	
T.MAX	110.0	107.1	107.6	106.7	109.0	106.7	107.8	112.8	114.4	107.1	111.8		
T.MIN	110.0	106.9	106.9	105.3	108.6	105.3	106.5	111.9	113.9	106.9	110.9		
DTT	0.0	0.2	0.7	1.4	0.4	1.2	1.3	0.9	0.5	0.2	0.9		



☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC

Figura 50 — Certificado de calibración del horno 3/6

Figura 51 — Certificado de calibración del horno 4/6



Figura 52 — Certificado de calibración del horno 5/6

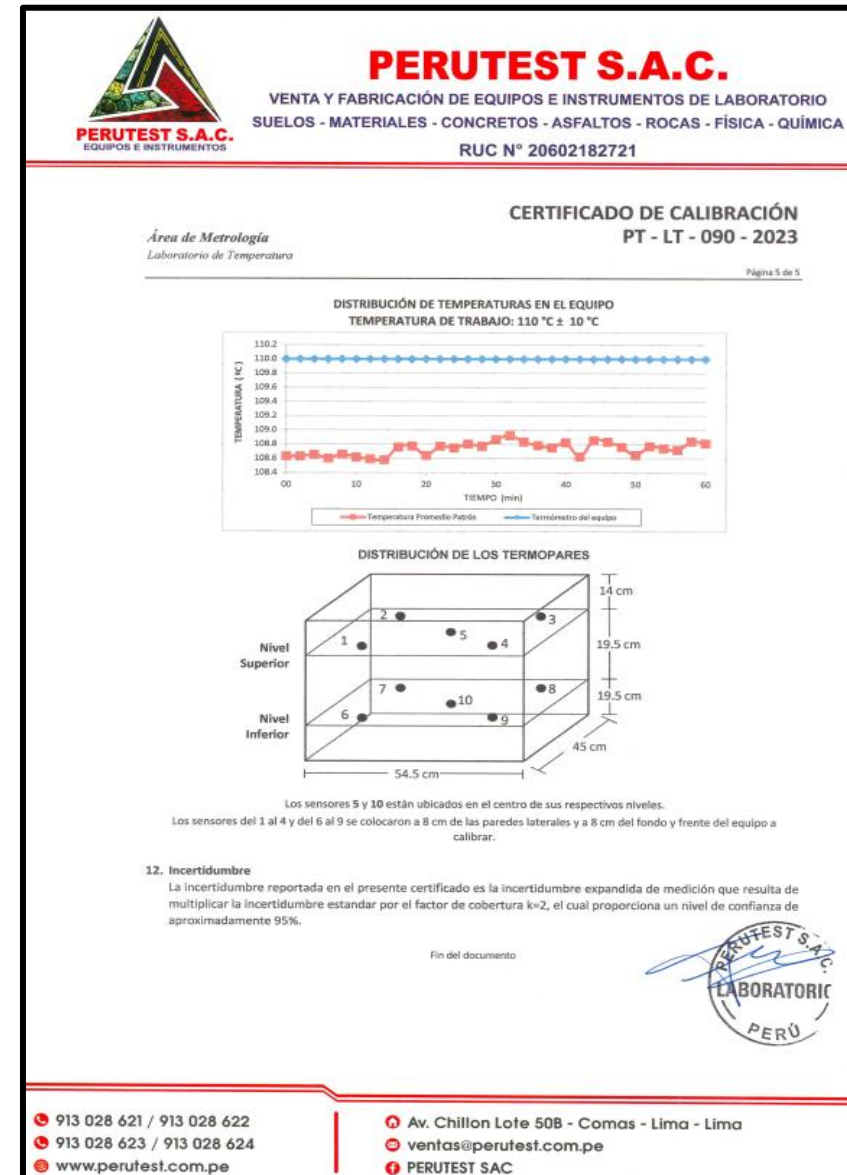


Figura 53 — Certificado de calibración del horno 6/6



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración

LFP - C - 051 - 2021

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	1042957	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org). <i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i>
Solicitante	TEST & CONTROL S.A.C.	
Dirección	Condesa De Lemos N° 117 Urb. San Miguelito	
Instrumento de Medición	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN RELATIVA	
Intervalo de Indicaciones	0 bar a 700 bar	
Resolución	0,05 bar	
Clase de Exactitud	0,05 % FS (*)	
Marca	AEP	
Modelo	LAB DMM 2	
Número de Serie	930948	
Procedencia	ITALIA	
Fecha de Calibración	2021-05-26	


Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

 <p>Responsable del área</p>	 <p>Responsable del laboratorio</p>
 <p>Dirección de Metrología</p>	 <p>Dirección de Metrología</p>

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
 Dirección de Metrología
 Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
 Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
 Email: metrologia@inacal.gob.pe
 Web: www.inacal.gob.pe



Figura 54 — Certificado de calibración de LFP-C-051-2021 1/4



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración

LFP - C – 051 – 2021

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación de los errores de indicación e histéresis por el método de comparación directa entre los valores de indicación del instrumento bajo calibración y los valores dados por una balanza de presión patrón.

Lugar de Calibración

Laboratorio de Fuerza y Presión
Calle De la Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

	INICIO	FINAL
Temperatura	19,9 °C	19,7 °C
Humedad Relativa	60,3 %	60,2 %
Presión Atmosférica	994,1 mbar	993,1 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad metrología	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrón de Referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM)	Balanza de Presión LFP 01 007 Clase de exactitud: 0,005 %	CNM-CC-720-396/2018 DE 2018-09-26

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.
(*) Información tomada del manual del instrumento de medición.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
 Dirección de Metrología
 Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
 Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
 email: metrologia@inacal.gob.pe
 WEB: www.inacal.gob.pe




Figura 55 — Certificado de calibración de LFP-C-051-2021 2/4

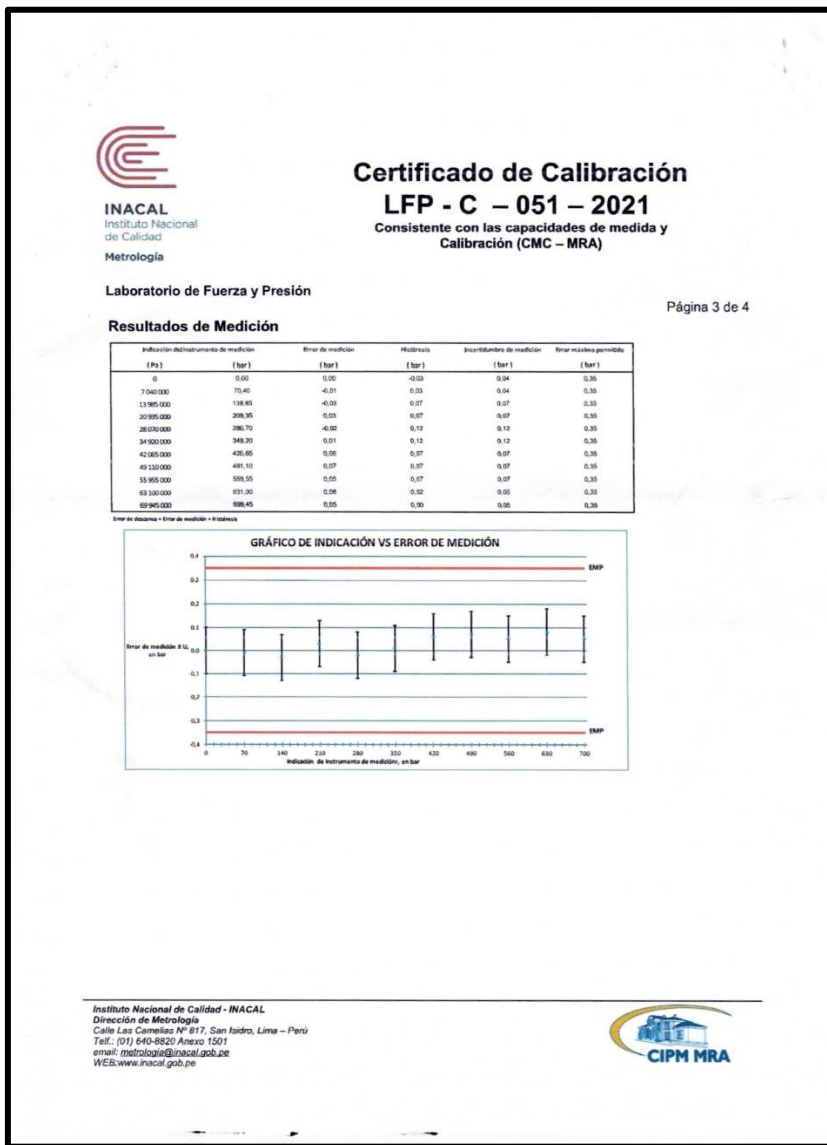


Figura 56 — Certificado de calibración de LFP-C-051-2021 3/4

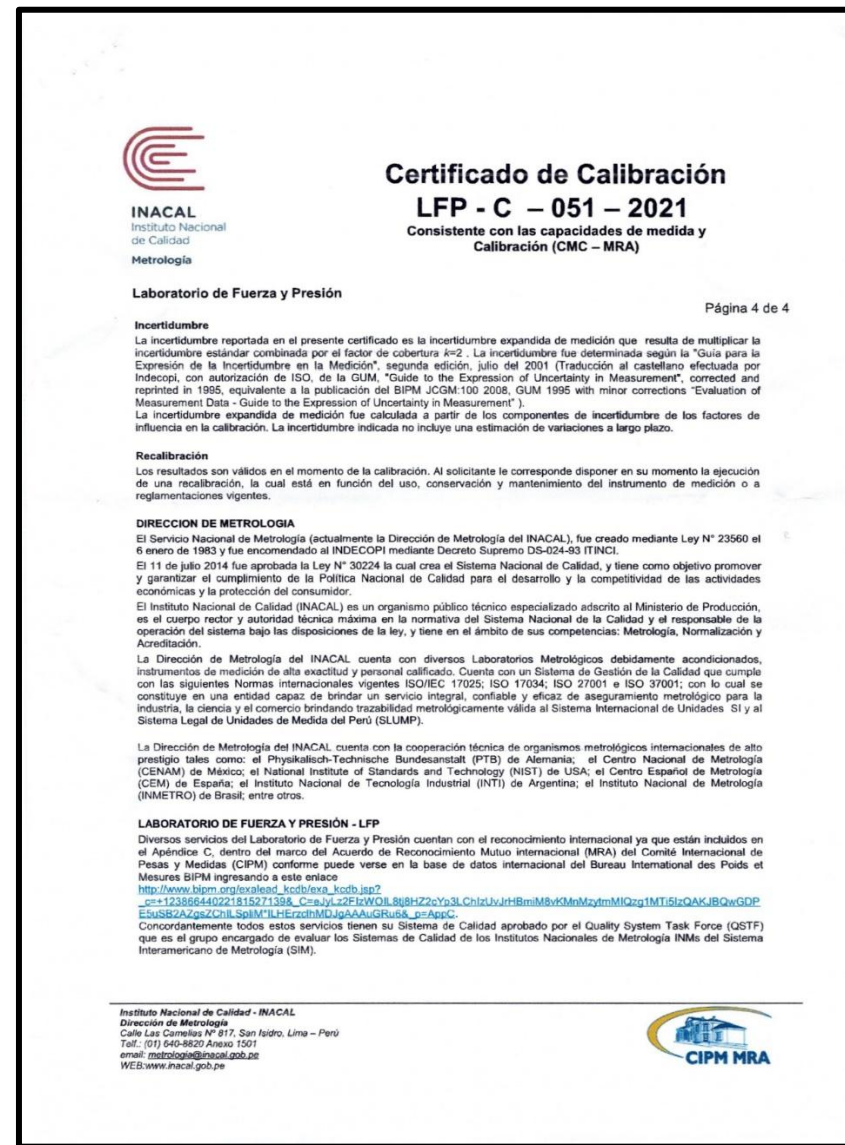


Figura 57 — Certificado de calibración de LFP-C-051-2021 4/4



Figura 58 — Certificado de calibración de Manómetro analógico 1/2

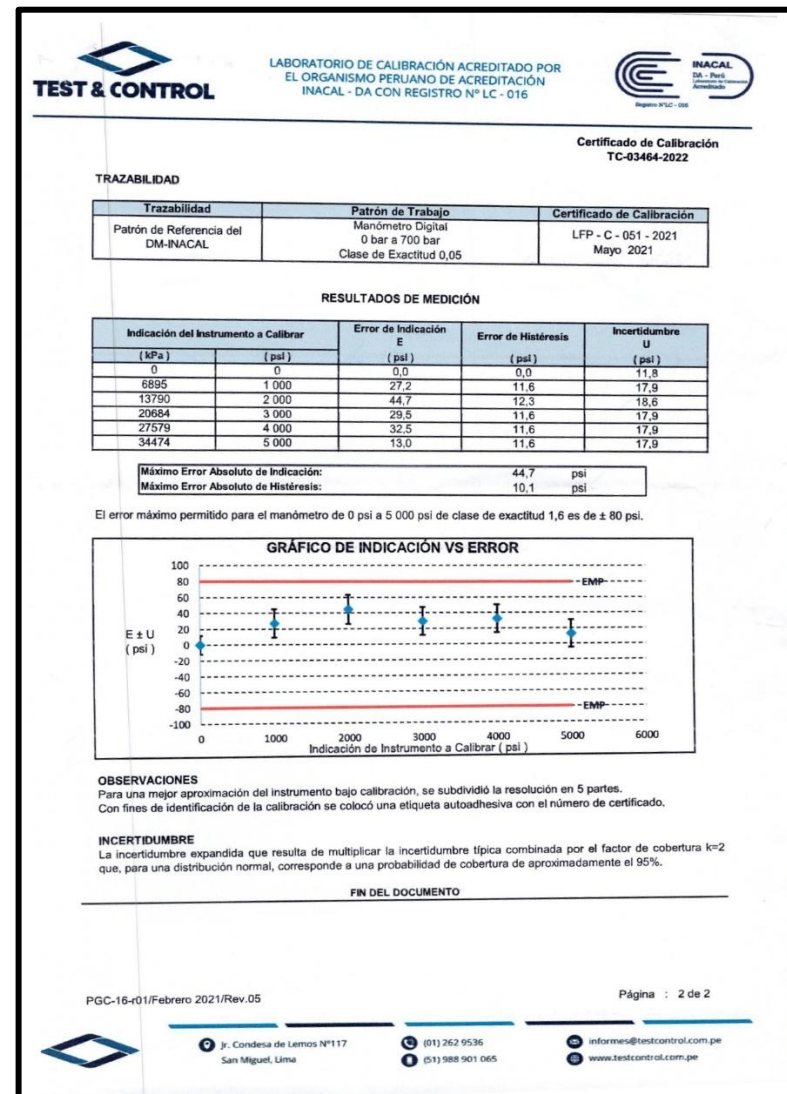


Figura 59 — Certificado de calibración de Manómetro analógico 2/2