



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y  
MECÁNICAS DEL ADOBE INCORPORANDO FIBRA DE  
POLIPROPILENO, PUNO 2023.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**NELY ROXANA TICONA GOMEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



# NELY TICONA

## MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL ADOBE INCORPORANDO FIBRA DE POLIPR...

Universidad Nacional del Altiplano

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:415944314

195 Páginas

Fecha de entrega

13 dic 2024, 4:47 p.m. GMT-5

47,439 Palabras

231,891 Caracteres

Fecha de descarga

13 dic 2024, 4:59 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL ADOBE INCORPORANDO FIBRA ....pdf

Tamaño de archivo

4.2 MB

  
Nely Ticona Flores  
CIP 071

VOS  
  
16 de diciembre 2024  
 Ing. Jaime Medina Leiva  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNAP 00616  
SUBDIRECTOR INE ERIC





## 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca..

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

### Fuentes principales

- 7% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Ing. Nicolas Lopez Flores  
C.R. 2287

VORS

16 DIC 2024  
Ing. Jaime Medina Lelva  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA Nº 910646  
UNIVERSIDAD UN. BPIA





## DEDICATORIA

Dedico esta investigación principalmente a Dios, gracias a él, hallé la motivación y el estímulo para continuar y alcanzar mis objetivos.

A mis padres queridos, por su apoyo constante durante el tiempo utilizado para realizar esta investigación, y por sus significativas sugerencias.

A mi familia por brindarme su respaldo incondicional y total durante todo el proceso de elaboración de mi trabajo de investigación.

A mis mascotas Scayli, Angus y Romeo, por alegrar mis días con su presencia y su amor incondicional.

**Nely Roxana Ticona Gómez**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi mami Roxana Gómez Cabrera, por haberme proporcionado todo y cada cosa que he necesitado, por su apoyo incondicional durante el tiempo utilizado para realizar esta investigación. A mi papa Pablo Ticona Marca por darme ánimos para seguir adelante y no rendirme en el trayecto.

Mis más sinceros agradecimientos a mi asesor de tesis, Ing. Nicolas Luza Flores, por compartir sus conocimientos de manera desinteresada.

A los miembros del jurado de tesis, D.Sc. Félix Rojas Chahuares, M.C. Gino Frank Laque Córdova e Ing. Carlos Alberto Gonzales Gutiérrez, por haberme otorgado una porción de su tiempo para orientarme y culminar esta investigación.

A mis familiares y amigos, por su valiosa ayuda moral y material, de ustedes llevo gratos recuerdos y les agradezco de corazón.

A mis mascotas Scayli, Angus y Romeo, por acompañarme siempre sobre todo en las noches de desvelo estudiando.

De manera general, estoy muy agradecido con todos los ingenieros docentes que, con dedicación, perseverancia y sacrificio, me dieron lo mejor de sí, en las aulas de nuestra gloriosa Facultad de Ingeniería Civil.

**Nely Roxana Ticona Gómez**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>17</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>22</b>
1.2.1. Pregunta de investigación general.....	22
1.2.2. Problemas específicos .....	23
<b>1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>23</b>
1.3.1. Hipótesis general.....	23
1.3.2. Hipótesis específicas .....	24
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>26</b>
1.5.1. Objetivo general.....	26
1.5.2. Objetivos específicos .....	26

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA



<b>2.1.</b>	<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>28</b>
2.1.1.	Antecedentes internacionales .....	28
2.1.2.	Antecedentes nacionales .....	30
2.1.3.	Antecedentes locales .....	35
<b>2.2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>38</b>
2.2.1.	Técnicas tradicionales de construcción.....	38
2.2.2.	El adobe.....	39
2.2.3.	Propiedades físicas y mecánicas del adobe.....	41
2.2.4.	Ventajas del adobe .....	42
2.2.5.	Desventajas del adobe .....	43
2.2.5.1.	Procedimiento de selección de tierra.....	43
2.2.5.2.	Procedimiento de la elaboración del adobe.....	50
2.2.6.	Ensayo de las propiedades físicas .....	52
2.2.6.1.	Variación dimensional .....	52
2.2.6.2.	Alabeo .....	53
2.2.7.	Ensayo de las propiedades mecánicas.....	54
2.2.7.1.	Resistencia a compresión .....	54
2.2.7.2.	Resistencia a flexión .....	54
2.2.7.3.	Resistencia a tracción .....	55
2.2.8.	Tipos de fibras utilizadas para refuerzo del adobe.....	56
2.2.8.1.	Fibra de polipropileno .....	57
2.2.8.2.	Características de fibra de polipropileno.....	57
2.2.8.3.	Ventajas de la fibra de polipropileno .....	60
2.2.8.4.	Desventajas de la fibra de polipropileno .....	60
2.2.8.5.	Importancia de la fibra de polipropileno .....	61



2.2.9. Resistencia del adobe agregado con fibra de polipropileno..... 61

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>63</b>
3.2.1. Tipo de investigación .....	63
3.2.2. Nivel de investigación.....	64
3.2.3. Diseño investigación .....	64
3.2.4. Muestra.....	64
<b>3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>65</b>
<b>3.4. PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS .....</b>	<b>66</b>
3.4.1. Contenido de humedad (NTP 339.127/ASTM D-2216).....	66
3.4.2. Diseño de investigación .....	69
3.4.3. Límite líquido (NTP 339.129/ASTM D-4318).....	71
3.4.4. Limite plástico (NTP 339.129/ASTM D-4318).....	74
3.4.5. Ensayo de tracción indirecta del adobe (Norma E-080) .....	75
3.4.6. Ensayo de compresión del adobe (NTE E 0.80, NTP 339.604 y NTP 339.613) .....	79
3.4.7. Ensayo de flexión del adobe (NTP 339.613) .....	82
3.4.8. Ensayo de variación dimensional del adobe (NTP 339.613 y NTP 339.604) .....	86
3.4.9. Ensayo de alabeo del adobe (NTP 339.613 y NTP 339.604) .....	88
3.4.10. Ensayo de absorción del adobe (NTP 339.613 y NTP 339.604) .....	90

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN



<b>4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	<b>92</b>
<b>4.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE</b>	<b>98</b>
<b>4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS</b>	<b>133</b>
4.3.1. Prueba de normalidad	133
4.3.2. Contrastación de hipótesis	137
<b>4.4. ANÁLISIS DE COSTOS</b>	<b>148</b>
<b>4.5. DISCUSIÓN</b>	<b>170</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>174</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>177</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>178</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>191</b>

**ÁREA: Construcciones**

**TEMA: Polímeros, los avances en su aplicación**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcciones y Gerencia**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 de diciembre del 2024**



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Propiedades y aplicaciones del adobe tradicional con fibra de polipropileno .....	62
<b>Tabla 2</b> Muestra del estudio .....	65
<b>Tabla 3</b> Matriz de operacionalización de variables.....	65
<b>Tabla 4</b> Contenido de humedad .....	92
<b>Tabla 5</b> Límite líquido de las muestras .....	93
<b>Tabla 6</b> Limite plástico en los suelos .....	94
<b>Tabla 7</b> Resultado de ensayos para la clasificación de suelos Puno, 2023 .....	95
<b>Tabla 8</b> Ensayo de granulometría.....	95
<b>Tabla 9</b> Ensayo de resistencia a tracción indirecta - adobe tradicional .....	98
<b>Tabla 10</b> Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con adobe con 0.5% de fibra de polipropileno .....	99
<b>Tabla 11</b> Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 1.0% de fibra de polipropileno .....	100
<b>Tabla 12</b> Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 1.5% de fibra de polipropileno .....	101
<b>Tabla 13</b> Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 3.0% de fibra de polipropileno .....	102
<b>Tabla 14</b> Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 5.0% de fibra de polipropileno .....	103
<b>Tabla 15</b> Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 7.0% de fibra de polipropileno .....	104
<b>Tabla 16</b> Ensayo de resistencia a la compresión del adobe tradicional .....	106
<b>Tabla 17</b> Ensayo de resistencia a la compresión con adobe con 0.5% de fibra de polipropileno .....	107
<b>Tabla 18</b> Ensayo de resistencia a la compresión con adobe con 1.0% de fibra de polipropileno .....	108
<b>Tabla 19</b> Ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno .....	109



<b>Tabla 20</b>	Ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno.....	110
<b>Tabla 21</b>	Ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno.....	111
<b>Tabla 22</b>	Ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno.....	112
<b>Tabla 23</b>	Ensayo de resistencia a la flexión del adobe tradicional.....	114
<b>Tabla 22</b>	Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 0.5% de fibra de polipropileno.....	115
<b>Tabla 25</b>	Ensayo de resistencia a flexión del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno.....	116
<b>Tabla 26</b>	Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno.....	117
<b>Tabla 27</b>	Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno.....	118
<b>Tabla 28</b>	Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno.....	119
<b>Tabla 29</b>	Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno.....	120
<b>Tabla 30</b>	Ensayo de variabilidad dimensional de adobe con 0% de fibra de polipropileno.....	122
<b>Tabla 31</b>	Ensayo de variabilidad dimensional de adobe con 0.5% de fibra de polipropileno.....	123
<b>Tabla 32</b>	Ensayo de variabilidad dimensional de adobe con 1.0% de fibra de polipropileno.....	124
<b>Tabla 33</b>	Ensayo de variabilidad dimensional de adobe con 1.5% de fibra de polipropileno Puno, 2023.....	125
<b>Tabla 34</b>	Ensayo de alabeo con adobe tradicional.....	126
<b>Tabla 35</b>	Ensayo de alabeo con adobe con 0.5% de fibra de polipropileno.....	127
<b>Tabla 36</b>	Ensayo de alabeo con adobe con 1.0% de fibra de polipropileno.....	128
<b>Tabla 37</b>	Ensayo de alabeo con adobe con 1.5% de fibra de polipropileno.....	129
<b>Tabla 38</b>	Ensayo de absorción del adobe con 0% de fibra de polipropileno.....	130
<b>Tabla 39</b>	Ensayo de absorción del adobe con 0.5 % de fibra de polipropileno.....	131
<b>Tabla 40</b>	Ensayo de absorción del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno.....	132



<b>Tabla 41</b>	Ensayo de absorción del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno .....	132
<b>Tabla 42</b>	Prueba de normalidad de la resistencia a tracción del adobe, realizado en el programa SPSS .....	134
<b>Tabla 43</b>	Prueba de normalidad para las propiedades físico-mecánicas del adobe con la incorporación de los distintos porcentajes de fibra de polipropileno .....	134
<b>Tabla 44</b>	Prueba t para dos muestras con 1.5% de fibra de polipropileno en el programa SPSS.....	138
<b>Tabla 45</b>	Prueba t para dos muestras con 3.0% de fibra de polipropileno en el programa SPSS.....	139
<b>Tabla 46</b>	Prueba t para dos muestras con 5.0% de fibra de polipropileno en el programa SPSS.....	141
<b>Tabla 47</b>	Prueba t para dos muestras con 1.5% de fibra de polipropileno de variabilidad dimensional en el programa SPSS .....	142
<b>Tabla 48</b>	Prueba t para dos muestras con 1.5% de fibra de polipropileno de alabeo en el programa SPSS .....	144
<b>Tabla 49</b>	Prueba t para dos muestras con 1.5% de fibra de polipropileno de absorción en el programa SPSS.....	145
<b>Tabla 50</b>	Prueba t para para las propiedades físico-mecánicas de comparación del adobe tradicional con la incorporación en distintos porcentajes de fibra ..	146
<b>Tabla 51</b>	Análisis de costos unitarios del adobe convencional - familiar.....	149
<b>Tabla 52</b>	Análisis de costos unitarios del adobe convencional – por administración directa.....	150
<b>Tabla 53</b>	Análisis de costos unitarios del adobe convencional - por contrata .....	151
<b>Tabla 54</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 0.5% de fibra de polipropileno - familiar.....	152
<b>Tabla 55</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 0.5% de fibra de polipropileno - por administración directa.....	153
<b>Tabla 56</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 0.5% de fibra de polipropileno - por contrata .....	154
<b>Tabla 57</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno - familiar.....	155
<b>Tabla 58</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno - por administración directa.....	156



<b>Tabla 59</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno - por contrata .....	157
<b>Tabla 60</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno - familiar .....	158
<b>Tabla 61</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno - por administración directa.....	159
<b>Tabla 62</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno - por contrata .....	160
<b>Tabla 63</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno - familiar .....	161
<b>Tabla 64</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno - por administración directa.....	162
<b>Tabla 65</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno - por contrata .....	163
<b>Tabla 66</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno - familiar .....	164
<b>Tabla 67</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno - por administración directa.....	165
<b>Tabla 68</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno - por contrata .....	166
<b>Tabla 69</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno - familiar .....	167
<b>Tabla 70</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno - por administración directa.....	168
<b>Tabla 71</b>	Análisis de costos unitarios del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno - por contrata .....	169



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Adobes extendidos.....	40
<b>Figura 2</b> Prueba de la sedimentación .....	47
<b>Figura 3</b> Prueba de la cintilla .....	48
<b>Figura 4</b> Prueba de bolita .....	49
<b>Figura 5</b> Selección y zarandeo del material para el proceso de preparación del mezclado.....	50
<b>Figura 6</b> Proceso de elaboración del adobe tradicional con fibra de polipropileno..	51
<b>Figura 7</b> Localización geográfica centro poblado Mi Perú.....	63
<b>Figura 8</b> Ensayo del contenido de humedad .....	68
<b>Figura 9</b> Pesado de las muestras .....	68
<b>Figura 10</b> Diagrama de flujo .....	70
<b>Figura 11</b> Pesado del granulado .....	71
<b>Figura 12</b> Cálculo de límite líquido .....	73
<b>Figura 13</b> Procedimiento para el cálculo del límite líquido.....	73
<b>Figura 14</b> Ensayo para el límite plástico.....	75
<b>Figura 15</b> Procedimiento para el ensayo del límite plástico .....	75
<b>Figura 16</b> Ensayo de tracción indirecta de una probeta cúbica.....	77
<b>Figura 17</b> Ensayo de tracción indirecta de una probeta cúbica.....	77
<b>Figura 18</b> Ensayo de tracción indirecta del adobe tradicional con 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de polipropileno .....	78
<b>Figura 19</b> Ensayo de tracción indirecta del adobe tradicional con 3.0% y 5.0% de fibra de polipropileno.....	78



<b>Figura 20</b>	Ensayo de tracción indirecta del adobe tradicional con 7.0% de fibra de polipropileno.....	79
<b>Figura 21</b>	Proceso de ensayo de compresión .....	81
<b>Figura 22</b>	Especímenes de 10 x 10 x 10 cm en el equipo de compresión, debidamente rotuladas .....	81
<b>Figura 23</b>	Especímenes de 10 x 10 x 10 cm en el equipo de compresión, debidamente rotuladas con porcentajes de fibra de polipropileno.....	82
<b>Figura 24</b>	Ensayo de flexión del adobe.....	84
<b>Figura 25</b>	Procedimiento del ensayo de flexión.....	84
<b>Figura 26</b>	Procedimiento del ensayo de flexión con 3% de fibra de polipropileno ....	85
<b>Figura 27</b>	Procedimiento del ensayo a flexión con 5% y 7% de fibra de polipropileno .....	85
<b>Figura 28</b>	Ensayo de variación dimensional .....	87
<b>Figura 29</b>	Procedimiento de la variación dimensional en adobes tradicionales y con fibra de polipropileno .....	87
<b>Figura 30</b>	Medición de la concavidad y convexidad en cada unidad de adobe .....	89
<b>Figura 31</b>	Ensayo de alabeo .....	89
<b>Figura 32</b>	Ensayo de absorción .....	91
<b>Figura 33</b>	Límites de líquido y contenido de humedad % en el suelo .....	93
<b>Figura 34</b>	Curva granulométrica .....	96
<b>Figura 35</b>	Resultados de resistencia a la tracción con % de fibra de polipropileno..	105
<b>Figura 36</b>	Resultados de resistencia a la compresión con % de fibra de polipropileno .....	113
<b>Figura 37</b>	Resultados de la resistencia a la flexión con adobe.....	121



## ACRÓNIMOS

BTC:	Bloque de Tierra Comprimida
RCD:	Residuos de Construcción y Demolición
NTE:	Norma Técnica de Edificación
NTP:	Norma Técnica Peruana
mm:	milímetro
A:	Alabeo Promedio (mm)
Cvp:	Concavidad Promedio (mm)
Cxp:	Convexidad Promedio (mm)
%V:	Variación Dimensional en porcentaje
DN:	Dimensión Nominal
DP:	Dimensión Promedio
Kn:	Kilonewton
Mw:	Magnitud de momento



## RESUMEN

El adobe es un material de construcción ancestral, ampliamente utilizado por su disponibilidad y excelentes propiedades térmicas. Sin embargo, presenta limitaciones en términos de resistencia y durabilidad. Es por esta razón, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la incorporación de fibra de polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe. Se aplicó una metodología de enfoque cuantitativo; según su finalidad, es de tipo aplicativo, con un nivel explicativo y un diseño cuasiexperimental. Utilizando muestreo no probabilístico, se elaboraron los especímenes de 174 entre unidades de adobe tradicional y adobe con fibra de polipropileno en el centro poblado de Mi Perú - Puno. En los ensayos realizados con adiciones de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 3.0%, 5.0% y 7.0% de fibra de polipropileno en el adobe tradicional, se observó que el uso de fibra reduce la variación dimensional de los adobes en largo (de 5.61% a 2.75%), ancho (de 6.94% a 4.50%) y altura (de 7.50% a 1.29%). Además, disminuye el alabeo de 1.89 a 1.52 mm y la absorción de 0.13 a 0.12 gr/cm<sup>2</sup>. También se observó un aumento en la resistencia a la tracción (de 1.54 a 3.13 kg/cm<sup>2</sup>), a la compresión (de 12.06 a 23.70 kg/cm<sup>2</sup>) y a la flexión (de 7.40 a 13.04 kg/cm<sup>2</sup>). En conclusión, la incorporación de un 1.5% de fibra de polipropileno mejora la resistencia a la tracción en 3.13 kg/cm<sup>2</sup>; con un 5.0%, se incrementa la resistencia a la flexión en 13.04 kg/cm<sup>2</sup>; y con un 3.0%, se aumenta la resistencia a la compresión en 23.70 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando que la fibra de polipropileno es una estrategia efectiva para mejorar significativamente las propiedades físicas y mecánicas del adobe tradicional.

**Palabras clave:** Adobe tradicional, Fibra de polipropileno, Propiedades físico-mecánicas, Resistencia a la tracción, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión.



## ABSTRACT

Adobe is an ancestral construction material, widely used for its availability and excellent thermal properties. However, it has limitations in terms of strength and durability. For this reason, the objective of this research was to evaluate the effect of the incorporation of polypropylene fiber on the physical and mechanical properties of adobe units. A quantitative approach methodology was applied; according to its purpose, it is of an applicative type, with an explanatory level and a quasi-experimental design. Using non-probabilistic sampling, specimens of 174 units of traditional adobe and adobe with polypropylene fiber were prepared in the population center of Mi Perú - Puno. In tests carried out with additions of 0.5%, 1.0%, 1.5%, 3.0%, 5.0% and 7.0% of polypropylene fiber in traditional adobe, it was observed that the use of fiber reduces the dimensional variation of the adobes in length (from 5.61% to 2.75%), width (from 6.94% to 4.50%) and height (from 7.50% to 1.29%). In addition, warping is reduced from 1.89 to 1.52 mm and absorption from 0.13 to 0.12 gr/cm<sup>2</sup>. An increase in tensile strength (from 1.54 to 3.13 kg/cm<sup>2</sup>), compression (from 12.06 to 23.70 kg/cm<sup>2</sup>) and bending (from 7.40 to 13.04 kg/cm<sup>2</sup>) was also observed. In conclusion, the incorporation of 1.5% polypropylene fiber improves the tensile strength by 3.13 kg/cm<sup>2</sup>; with 5.0%, the flexural strength is increased by 13.04 kg/cm<sup>2</sup>; and with 3.0%, the compressive strength is increased by 23.70 kg/cm<sup>2</sup>, showing that polypropylene fiber is an effective strategy to significantly improve the physical and mechanical properties of traditional adobe.

**Keywords:** Traditional adobe, Polypropylene fiber, Physical-mechanical properties, Tensile strength, Compressive strength, Flexural strength.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se centra en la optimización de las características físicas y mecánicas del adobe convencional a través de la inclusión de fibra de polipropileno, focalizando la atención en el centro poblado Mi Perú - Puno. Desde la época prehispánica, el adobe ha sido uno de los materiales de construcción más comunes para viviendas, especialmente en las áreas rurales de nuestro país, gracias a su accesibilidad, bajo costo y facilidad de fabricación. No obstante, este material presenta ciertas desventajas, como su baja resistencia y su rápida degradación en condiciones de humedad, especialmente durante la temporada de lluvias. Por estas razones, el campo de la ingeniería enfrenta el desafío de implementar soluciones innovadoras en la mejora de sus propiedades físicas y mecánicas para hacerlo más resistente y duradero. La incorporación de fibra de polipropileno representa una estrategia efectiva para reducir estas deficiencias. Se evaluó de forma sistemática el efecto de la adición en el comportamiento de este elemento constructivo, a través de pruebas concretas para evaluar la resistencia a la tracción, a la compresión y a la flexión, así como la absorción de agua, alabeo y cambios en las medidas.

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el adobe tradicional, según Gama et al. (2012), ha sido empleado como elemento constructivo durante siglos, enfrentándose a desafíos relacionados con su baja resistencia, durabilidad y condiciones climáticas adversas.

Según Torres y Jorquera (2018), Chile experimentó un terremoto de magnitud 8.8 Mw que destruyó una numerosa cantidad de viviendas, incluidas casas construidas con



adobe y monumentos históricos; por lo cual, el gobierno financió recursos destinados a la reconstrucción de estos centros históricos, con el objetivo de extender su vida útil y restaurar el sistema constructivo original incrementando su resistencia sísmica para hacer las edificaciones más seguras frente a futuros eventos. Los sismos de 2017 en México causaron un impacto significativo en las edificaciones tradicionales de adobe, particularmente en el estado de Morelos, específicamente en la localidad de Jojutla, situada cerca del epicentro donde muchas viviendas de adobe llegaron al colapso y generaron daños irreparables, lo que dejó a numerosas familias sin hogar y resaltó la necesidad de mejorar las técnicas constructivas para aumentar su resistencia ante futuros desastres naturales, estos eventos que han causado daños a las viviendas de adobe en México, fueron incrementados debido a la humedad y a lluvias intensas que han causado graves daños a estas viviendas, debido a la fragilidad de este material y la falta de refuerzos adecuados para mejorar su resistencia a la humedad (Sánchez y Alonso, 2021).

Esta problemática pone en evidencia la necesidad de implementar medidas orientadas a fortalecer el adobe tradicional, como la adición de la fibra de polipropileno, lo que significa un enorme potencial de aplicación en países y regiones donde el uso de adobe es común, especialmente en zonas rurales o en áreas con recursos limitados para la construcción. A nivel internacional, la inclusión de fibras de polipropileno en el adobe contribuye significativamente a mejorar la resistencia estructural y la durabilidad de las construcciones en zonas sísmicas o en regiones propensas a condiciones climáticas extremas (Yetgin et al., 2008). Además, el uso de esta técnica fomenta la sostenibilidad en la construcción, ya que el adobe es un material ecológico y de bajo costo, y la incorporación de fibras sintéticas podría prolongar su vida útil sin incrementar sustancialmente el costo. Su aplicación global podría fortalecer proyectos de viviendas



sociales, infraestructura comunitaria y otras edificaciones esenciales en contextos de desarrollo sostenible.

A nivel nacional, el uso del adobe tradicional en Perú presenta varias desventajas notables; su baja resistencia y durabilidad debido a la humedad comprometen la inseguridad y la vida útil de las construcciones (Rodrigo, 2024).

Las técnicas de fabricación del adobe tradicional y construcción de viviendas se han transmitido de generación en generación sin contar con un análisis técnico especializado. De acuerdo con Infobae (2021), el terremoto de magnitud 7.5 en la escala de Richter, que tuvo lugar en Amazonas el 28 de noviembre de 2021, causó la destrucción de 223 viviendas, dejó 772 inhabitables y afectó a otras 1597; asimismo, el deslizamiento de tierras causado por el sismo provocó el embalse de las aguas del río Utcubamba, lo que dejó al 70% de las casas construidas con adobe en Bagua en estado inhabitable. El terremoto de Áncash 1970 presentó la susceptibilidad de las edificaciones de adobe ante catástrofes naturales de gran envergadura. Este material es frecuentemente empleado en áreas rurales de Perú gracias a su coste reducido y su fácil acceso de disponibilidad, mostró ser altamente susceptible a daños severos en condiciones sísmicas. Por ello, la falta de resistencia estructural del adobe contribuyó significativamente al colapso masivo de viviendas en Huaraz y otras áreas afectadas, lo que agravó la pérdida de vidas humanas (Instituto Geofísico del Perú, 2020). Las viviendas de adobe tradicional son vulnerables a los terremotos, pudiendo sufrir daños significativos e incluso colapsar, poniendo en peligro la vida de las personas (Bartolomé y Quiun, 2013). La mayoría de las viviendas que resultaron destruidas, inhabitables y afectadas por el terremoto de Pisco estaban ubicadas en el departamento de Ica; estas edificaciones, predominantemente construidas con adobe, no contaban con refuerzos sísmicos, lo que aumentó significativamente su vulnerabilidad durante el evento sísmico (Rubiños, 2009).



Estas dificultades destacan la urgencia de implementar soluciones que refuercen el adobe tradicional, como el uso de fibra de polipropileno.

A nivel local, las viviendas de adobe en la región de Puno presentan una alta vulnerabilidad frente a condiciones climáticas extremas, como lluvias intensas y eventos sísmicos. Según Andina (2022), en el distrito de Samán, en la provincia de Azángaro, donde se encuentra un antiguo campanario de 18 metros de altura que fue construido con material de adobe, informó la Dirección Desconcentrada de Cultura de Puno. Debido a que presentaba fisuras en su estructura, tras el sismo registrado en el 2017, no resistió el debilitamiento de sus bases, derrumbándose debido a las fuertes precipitaciones pluviales.

Si no se implementan medidas para reforzar el adobe, estas continuarán teniendo baja resistencia, aumentando el riesgo de colapso en viviendas y edificaciones históricas.

Para abordar esta vulnerabilidad, la adición de fibras de polipropileno en el adobe se presenta como una solución práctica para mejorar su resistencia y durabilidad. Aplicar esta técnica en el centro poblado de Mi Perú – Puno no solo mejorará la seguridad de las viviendas tradicionales, sino que también contribuirá a la sostenibilidad y calidad de vida.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Pregunta de investigación general**

¿En qué medida la incorporación de fibra de polipropileno mejora las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional, Puno 2023?



### **1.2.2. Problemas específicos**

¿En qué medida varía la resistencia a la tracción de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno, en comparación con las unidades de adobe tradicional?

¿En qué medida varía la resistencia a la compresión de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno, en comparación con las unidades de adobe tradicional?

¿En qué medida varía la resistencia a la flexión de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno, en comparación con las unidades de adobe tradicional?

¿En qué medida varía la dimensión de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno, en comparación con las unidades de adobe tradicional?

¿En qué medida varía el alabeo de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno, en comparación con las unidades de adobe tradicional?

¿En qué medida varía la absorción de agua de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno, en comparación con las unidades de adobe tradicional?

## **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Hipótesis general**

La incorporación de fibra de polipropileno mejora significativamente las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional, Puno 2023.



### **1.3.2. Hipótesis específicas**

La incorporación de fibra de polipropileno aumenta significativamente la resistencia a la tracción de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

La incorporación de fibra de polipropileno mejora significativamente la resistencia a la compresión de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

La incorporación de fibra de polipropileno incrementa la resistencia a la flexión de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

La incorporación de fibra de polipropileno en las unidades de adobe reduce significativamente la variación dimensional en comparación con las unidades de adobe tradicional.

La incorporación de fibra de polipropileno disminuye el alabeo de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

La incorporación de fibra de polipropileno reduce la absorción de agua en las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación práctica**

Este estudio está orientado a proponer una alternativa de solución práctica en la construcción de viviendas rurales de adobe que tengan mayor estabilidad y consistencia, de modo que, con la incorporación de fibra de polipropileno en el adobe, se mejoran significativamente las propiedades físico-mecánicas de este material constructivo



### Justificación técnica

Desde el punto de vista técnico, la investigación se justifica porque significa una propuesta de solución técnica a los problemas de resistencia y estabilidad de los elementos constructivos del adobe tradicional, en la medida en que será posible modificar las propiedades de la resistencia a la tracción, compresión y flexión del adobe adicionado con fibra de polipropileno.

### Justificación social

Los beneficiarios directos serán los habitantes del centro poblado Mi Perú - Puno, en tanto podrán utilizar insumos, materiales de bajo costo en la construcción de viviendas como el adobe y tengan mejores niveles de resistencia y estabilidad, brindando bienestar y confort a los usuarios.

### Justificación económica

A pesar de que el costo del adobe adicionado con fibra de polipropileno es más elevado que el del adobe tradicional, esta inversión se justifica debido a los beneficios que ofrece en términos de seguridad y durabilidad estructural.

La mayor resistencia a tracción, compresión y flexión que otorga la fibra de polipropileno permite que las viviendas sean más resistentes a los sismos, reduciendo así la posibilidad de grietas y desprendimientos en las paredes. Por ello, en zonas con alta actividad sísmica, donde los riesgos de colapso son mayores, el gasto inicial adicional se ve compensado a largo plazo, ya que su vida útil será considerablemente mayor.



La adición de fibra de polipropileno en el adobe permite mantener la técnica constructiva tradicional mientras se adaptan las construcciones a las necesidades estructurales modernas. Esto es particularmente relevante en áreas rurales donde el espacio es limitado, ya que el empleo de adobe reforzado posibilita la construcción de viviendas más altas. Por consiguiente, se obtiene un material que, aunque más costoso al inicio, ofrece mayor estabilidad estructural y reduce significativamente los riesgos para los habitantes, lo que a largo plazo resulta una inversión rentable en términos de seguridad.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la incorporación de fibra de polipropileno en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional, Puno 2023.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Cuantificar la variación en la resistencia a la tracción de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Evaluar la variación en la resistencia a la compresión de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Determinar la variación en la resistencia a la flexión de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno en comparación con las unidades de adobe tradicional.



Determinar la variación dimensional de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Evaluar la variación del alabeo en las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Analizar la variación en la absorción de agua de las unidades de adobe al incorporar fibra de polipropileno en comparación con las unidades de adobe tradicional.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Montenegro (2019), en su estudio, tuvo el propósito de determinar las características del adobe reforzado con fibras naturales y sintéticos en Quito, Ecuador. El estudio fue básico con nivel descriptivo, diseño no experimental correlacional. Se utilizó una muestra de tres unidades y análisis, para agregarles entre veinte y cincuenta por ciento de fibras naturales. El instrumento fue la ficha de observación. Dando como resultado en la resistencia a la compresión más alta y optima fue la fibra artificial al 20% con un valor de 3,31 Mpa, seguido de fibra artificial al 50% con un valor de 3,08 Mpa. Mientras que el resultado más bajo obtenido corresponde a la fibra de cabuya al 30% con una resistencia de 1,58 Mpa. Concluyendo que agregando un veinte por ciento de fibras naturales se fortalece la consistencia de las unidades de albañilería.

Rivera (2020), tuvo por objetivo desarrollar un estudio de las cualidades (propiedades) mecánicas de plaquetas prefabricadas de concreto, con refuerzo en macrofibra de polipropileno en Villavicencio, Colombia. La investigación fue básica, de alcance descriptivo, con un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental y de corte transversal. Se realizaron ensayos con respecto a la elasticidad resistencia, entre otros. Se elaboraron plaquetas prefabricadas con el material de refuerzo que se agregó a la mezcla. Dando como resultado que el análisis mecánico del bloque y de la plaqueta fue notable, ya que tuvo una



diferencia de resistencias de 74.15% a favor del bloque, ya que en la producción de la plaqueta hubo falencias en la porosidad. Se concluyó que las propiedades mecánicas de esta nueva materia de construcción son una alternativa de refuerzo de macrofibra de polipropileno en plaquetas prefabricadas y, del mismo modo, un porcentaje de 50.01% de ahorrativo en cuanto a producción.

Barrera (2020), propuso optimizar las condiciones físicas y mecánicas del adobe para revitalizar su uso en construcciones tradicionales en Boyacá, Colombia. La metodología incluyó la participación comunitaria y la experimentación con mezclas de tierra, arena, cal y cemento, probando proporciones de 6:1 para encontrar la fórmula óptima. Los resultados mostraron que el adobe mejorado, con un formato reducido y refuerzo estructural, presenta un aumento del 20% en resistencia a la fractura y una disminución del 15% en absorción de humedad. Las pruebas sísmicas en simuladores confirmaron que el adobe mejorado mantiene su integridad estructural bajo fuerzas sísmicas severas. La conclusión subraya la viabilidad de esta técnica, que no solo preserva técnicas tradicionales, sino que también ofrece una solución constructiva económica y sustentable para zonas rurales.

Fresneda y Mendez (2019), en su investigación, analizaron el impacto del impermeabilizado natural basado en la ceniza cascarilla de arroz en las características mecánicas del adobe, considerando su vulnerabilidad sísmica, en Bogotá, Colombia. La metodología incluyó la preparación de unidades de adobe con diferentes porcentajes de fibra (0%, 3%, 5%, 7%) y la evaluación de estas unidades siguiendo las normativas E.070 y E.080. Los resultados indicaron que la incorporación de un 3% de fibra mejoró significativamente la resistencia a tracción, compresión y flexión del adobe, con aumentos del 20% y 25%



respectivamente. La modelación en software Etabs confirmó una mejora en la respuesta sísmica de los muros reforzados. En conclusión, el uso de fibra de bagazo de caña de azúcar al 3% y el sistema de drizas proporcionan la optimización notable en las propiedades mecánicas del adobe, haciéndolo más resistente a las fuerzas sísmicas.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Aponte y Rivas (2021) tuvieron el objetivo de analizar las características físico y mecánicas del adobe adicionado con fibras sintéticas de polipropileno y RCD, en el distrito de Chulucanas - Piura. Como metodología fue de tipo básico, de diseño experimental, la muestra estuvo representado por 288 unidades de adobe conformadas por tres tipos de incorporado que fueron: 0.35% de fibra sintética de polipropileno y 5% de RCD, 0.45% de fibras sintéticas de polipropileno y 10% de RCD, 0.55% de fibras sintéticas de polipropileno y 15% de RCD, con dos muestras distintas de tipo de suelo que resultaron ser las dos más adecuadas para la producción de unidades de suelo. En resumen, al añadir los estabilizantes de fibra sintética de polipropileno a las dosificaciones sugeridas, estos tienen un impacto notable en la mejora de las características mecánicas de adobe, tales como la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral y la resistencia del mortero a la tracción indirecta, lo que provoca una variación positiva en los resultados de la muestra.

Antay (2020), en su tesis, evaluó las características físicas y mecánicas del adobe, reemplazando a la paja por fibra polipropileno Sikacem al 95%, 100% y 105% en correspondencia con el peso de paja, para obtener un producto final de adobes más afianzados en el distrito de Saylla, departamento de Cusco. La



investigación fue básica con un nivel descriptivo, de enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental; la metodología fue hipotética-deductiva. La muestra estuvo conformada por 72 adobes en unidad con fibra de polipropileno y 24 unidades de adobe tradicional sin fibra. Los resultados indican que agregando polipropileno con 100% y 105% no se mejoran las propiedades físicas y mecánicas del adobe.

Chávez y Quispe (2019) realizaron su tesis con el propósito de analizar el comportamiento del adobe agregando plástico molido y botellas reutilizables. La investigación se llevó a cabo de manera básica con un grado descriptivo, una orientación cuantitativa y un diseño no experimental y alcance correlacional. La muestra se compuso de 16 unidades de adobe con el aditivo de plástico partido. Dando como resultado el adobe estabilizado al 5% con plástico picado de botellas muestra un comportamiento físico-mecánico superior al de los adobes convencionales, debido a los mejores resultados obtenidos en las pruebas físico-mecánicas. La incorporación de plástico picado de botellas potencia las características mecánicas de la albañilería de adobe; añadir un 5% de plástico picado de botellas proporciona un aumento del 2.85% en comparación con la resistencia a la compresión axial media de las pilas de San Jerónimo.

Alfaro (2019), tuvo el propósito de fabricar un tipo de adobe que sea más resistente al adobe tradicional a partir de la mejora de sus características físicas y mecánicas utilizando polipropileno en el distrito de Tunanmarca de la provincia de Jauja del departamento de Junín. Se llevó a cabo una investigación de enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y un diseño experimental. Se realizaron ensayos con una muestra de tres grupos con porcentajes de veinticinco por ciento, cincuenta por ciento y setenta y cinco por ciento de aditivo de polipropileno con el fin de determinar sus niveles de resistencia a compresión, a tracción indirecta,



a compresión diametral, resistencia a flexión y resistencia al experimento de erosión rápida ensayo de erosión acelerada. Los resultados indican que al agregar polipropileno se mejoran los niveles de resistencia a la compresión de 16.61 kg/cm<sup>2</sup> a 24.32 kg/cm<sup>2</sup>, aumenta su resistencia a la tracción de 1.93 kg/cm<sup>2</sup> a 3.50 kg/cm<sup>2</sup>, mejora la resistencia a la tracción en la interfaz de mortero y adobe de 0.92 kg/cm<sup>2</sup>, y eleva la resistencia a la flexión de las unidades de adobe de 9.80 kg/cm<sup>2</sup> a 12.74 kg/cm<sup>2</sup>. De igual forma, se reduce la erosión provocada por el agua, la variación en las medidas y el alabeo. Se determinó que el uso de polipropileno permite la producción de adobes con características físicas y mecánicas superiores.

Chuquillanqui (2019), en su tesis, tuvo la finalidad de establecer los niveles de incidencia del aditivo de polipropileno para la optimización de las características (propiedades) físicas y mecánicas del adobe en la comunidad de Acopalca - Huancayo. La investigación fue de tipo teórica-aplicada, con un nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se trabajó con una muestra de 180 adobes en unidad. De acuerdo con los resultados, se concluyó que agregando polipropileno se potencia el rendimiento del alabeado, la variabilidad en las medidas, la resistencia a la compresión y absorción en las unidades de adobe utilizadas en la edificación de viviendas en la comunidad de Acopalco, en el departamento de Huancayo.

Quijano (2022), tuvo como objetivo evaluar las adiciones naturales en la fabricación del adobe para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, en particular su resistencia a la compresión, en la ciudad de Chiclayo. La recopilación de los datos consistió en el análisis de las características del adobe modificadas durante su proceso de fabricación mediante la adición de materiales naturales.



Estas unidades se someten a diversos ensayos para medir sus propiedades físicas y mecánicas, comparándolas con las del adobe tradicional. Los resultados demuestran que la incorporación de materiales naturales mejora la resistencia a compresión del adobe en comparación con el adobe tradicional. Esto indica que las modificaciones realizadas durante el proceso de fabricación tienen un efecto positivo en las características mecánicas del material. En conclusión, la adición natural en el proceso de fabricación del adobe es beneficiosa, ya que mejora su resistencia a la compresión. Este hallazgo sugiere que el adobe modificado con materiales naturales es una opción viable para su uso en la construcción.

Valera (2019), realizó su investigación con el objetivo de determinar y recopilar información sobre adobe mejoradas con fibras de viruta de eucalipto y tornillos, en la ciudad de Chiclayo. Se demostró que la incorporación de un 3% de viruta de tornillo incrementó la resistencia a compresión en un 36.14% en comparación con el adobe tradicional, mientras que la adición de un 2% de viruta de eucalipto resultó en un incremento del 63.74%. Sin embargo, los resultados también indicaron que los ladrillos por unidad con viruta de eucalipto y tornillo absorbieron más agua que las unidades de adobe sin adición, lo que sugiere que estas mejoras aumentan la compresión de la unidad, pero disminuyen su resistencia al agua debido a los altos valores de absorción.

Castro (2020), en su tesis, tuvo el propósito de mejorar las características (propiedades) del adobe mediante el uso de materiales estabilizantes o polímeros (naturales o artificiales) en la ciudad de Trujillo. La metodología incluyó una revisión exhaustiva de fuentes científicas primarias reconocidas como Redalyc, Scielo, Renati y Google Académico. Se seleccionaron 11 documentos publicados entre 2005 y 2019, entre tesis, artículos y libros, que se centraron en el análisis de



estudios teóricos y prácticos previos. Los resultados de esta revisión indican que la incorporación de polímeros naturales influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, tanto en su elaboración artesanal como industrial. La conclusión destaca la importancia de estos materiales y técnicas para optimizar las características del adobe, proporcionando un mayor entendimiento sobre su aplicación en la construcción actual.

Díaz (2018), en su tesis de investigación, realizó una revisión sistemática sobre el adobe con la inclusión de materiales o aditivos que mejoren sus características mecánicas y de absorción, en Cajamarca. Para ello, se llevó a cabo una búsqueda de información en bases de datos como Redalyc, Scielo y repositorios universitarios. Se encontraron 34 artículos que cumplieron con los siguientes criterios de selección: publicaciones en español e inglés, artículos científicos, tesis de diversos niveles académicos y publicaciones entre 1990 y 2018. Los objetivos planteados fueron analizar los estudios teóricos y empíricos sobre la incorporación de aditivos en el adobe y determinar cuáles son los porcentajes óptimos de estos aditivos.

Gomez y Almonacid (2024), llevaron a cabo su investigación con el objetivo de mejorar las características mecánicas del adobe mediante la incorporación de fibras de bagazo de caña de azúcar y el refuerzo con un sistema de drizas en el distrito de Concepción en el departamento de Junín, debido a la alta vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe en zonas rurales y la actual calma sísmica, siguiendo la norma E.080 para el diseño y la construcción con tierra fortalecida y norma E.070 para albañilería. La metodología consistió en evaluar y analizar la adición de estas fibras y el refuerzo en unidades y paredes de adobe. Se utilizaron materiales de cantera y se crearon unidades de adobe con



porcentajes de fibra variados (0%, 3%, 5% y 7%). Los ensayos se llevaron a cabo conforme a lo establecido con las normas internacionales. Se ensayaron muros de control con 3% de fibra y con 3% de fibra más refuerzo de drizas. Para verificar la mejora en la respuesta sísmica, se realizó un análisis con el software Etabs en tres tipos de muros de adobe. Los resultados mostraron la comparación entre las muestras de control y las mejoradas, indicando que el aditamento de fibra y el refuerzo mejoran las características mecánicas del adobe. La conclusión destaca la efectividad de estas técnicas para incrementar la resistencia sísmica de las construcciones de adobe.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Luque (2022), elaboró un estudio con el objetivo de conocer las propiedades físicas y mecánicas del adobe cuando se agrega material reciclado en la mencionada muestra en la provincia del distrito de Juliaca – Puno. El estudio fue aplicado, con nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño experimental. La muestra estuvo conformada por 96 adobes por unidad. Se utilizaron agregados de 80%, 90% y 100% de material reciclado. A la mezcla se añadió arcilla y arena en porcentajes de 20% y 70%, respectivamente. Los ensayos correspondientes determinaron que agregando el mencionado aditivo se optimiza la resistencia a la compresión, la resistencia a flexión, los grados de absorción de agua y la fluctuación dimensional del adobe. En cuanto a la compresión, los adobes que contienen un porcentaje de agregado reciclado del 0% generaron una resistencia a la compresión de 23.36 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los adobes fabricados con agregado reciclado del 80%, 90% y 100% experimentaron una resistencia a la compresión de 19.72 kg/cm<sup>2</sup>, 18.73 kg/cm<sup>2</sup> y 17.86 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Estos adobes más recientes fabricados con componentes reciclados alcanzan la



resistencia mínima necesaria de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, en contraste con el adobe que no incluía material reciclado, son superiores.

Ccansaya (2022), llevó a cabo su tesis con el objetivo de analizar estructuralmente las casas construidas con muros de adobe reforzado en Machallata, Paucarcolla, Puno, en el año 2021. El enfoque de investigación adoptado es hipotético-deductivo, con un diseño cuasiexperimental, de nivel descriptivo y orientado cuantitativamente. La muestra comprende 53 viviendas situadas en el centro poblado de Machallata, de las cuales se seleccionaron 8 para el estudio. Las técnicas empleadas incluyeron la observación directa en el lugar, enfocada en los primeros comportamientos de las viviendas y los bloques sujetos a evaluación. Los resultados muestran que una mezcla compuesta por 12% de arcilla, 60% de arena, 18% de limo y 20% de paja produjo una resistencia de 6.12 kg/cm<sup>2</sup>, superando significativamente el estándar requerido por el reglamento nacional de edificaciones (0.025 MPa = 0.25 kg/cm<sup>2</sup>). La formulación de mezcla propuesta para la realización de bloques de adobe en Machallata, demostró ser adecuada para la construcción de viviendas rurales de categoría "C".

Baez (2022), presentó con la meta de evaluar su investigación cómo el incorporado de fibra de queñoa afecta las propiedades del adobe, en el distrito de San Miguel, Juliaca. La metodología empleada incluyó un diseño experimental, un alcance explicativo y un enfoque cuantitativo. La población analizada abarca todas las unidades de adobe. Se utilizó la observación directa como método de investigación, y la muestra consistió en 72 unidades de adobe. Se esperaban resultados que mostraran diferencias con respecto a la muestra de control. En términos de resistencia a compresión registró 16.55 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las adiciones de 0.8%, 1.5% y 3.2% de fibra de queñoa mostraron resistencias de



16.05, 22.81 y 35.88 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. En cuanto a la resistencia a flexión fue de 5.60 kg/cm<sup>2</sup>, y con las adiciones de 0.8%, 1.5% y 3.2% de fibra de queñoa, se obtuvieron 5.27, 6.24 y 9.05 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El porcentaje de absorción de agua fue del 100% en estado desintegrado, tanto en la muestra de control como en las muestras con adiciones de 0.8%, 1.5% y 3.2% de fibra de queñoa. Para la resistencia a la compresión axial, la muestra de control registró 9.75 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las incorporaciones de un 0.8%, 1.5% y 3.2% de fibra de queñoa dieron como resultado 9.75, 10.11 y 11.23 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Finalmente, en cuanto a la compresión diagonal en muros, la muestra de control tuvo un valor de 0.79 kg/cm<sup>2</sup>, y las adiciones de 0.8%, 1.5% y 3.2% de fibra de queñoa mostraron resultados de 0.801, 0.808 y 0.813 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Como conclusión la investigación indicó que la adición de fibra de queñoa mejora las propiedades mecánicas del adobe, lo cual es beneficioso para el diseño planteado.

Loayza y Quispe (2022), presentaron su estudio tiene como meta evaluar cómo la incorporación de fibra de matara potencia las características físico-mecánicas del adobe para viviendas en Puno en 2022, con el fin de potenciar significativamente sus atributos en relación con el adobe convencional. La metodología fue científica, diseño experimental, tipo aplicativo, nivel explicativo y el enfoque cuantitativo fueron los métodos utilizados. El estudio se realizó por etapas. En la primera etapa se examinó si las condiciones del suelo eran adecuadas para la realización de adobe, conforme a la norma E-080. Para lograrlo, se tomaron muestras de suelo y se analizaron en el laboratorio para determinar su contenido de humedad, granulometría, límite plástico, límite líquido y plasticidad. En la siguiente etapa, se prepararon diferentes dosificaciones de fibra de matara (0.5%,



1.0% y 2.0% del peso del barro) para elaborar nuevos prototipos de adobe. En la etapa final, los prototipos fueron sometidos a diversas pruebas de laboratorio, incluyendo compresión, compresión axial, compresión diagonal en muretes, flexión y absorción. Esto permitió obtener datos reales y comparar el rendimiento del adobe incorporado de fibra de matara en sus distintas dosificaciones con el adobe tradicional.

Hoyos (2020), tuvo el propósito de establecer la influencia de la fibra vegetal ichu en la resistencia y durabilidad del adobe, variando su cantidad y tamaño, y comparando adobes tradicionales con adobes estabilizados con un 20% de cal. Los resultados mostraron que, al incrementar la medida y el volumen de ichu, la resistencia a la compresión disminuyó en un 12.1% (14.943 kg/cm<sup>2</sup>) en relación con la muestra de control (17.002 kg/cm<sup>2</sup>), pero aún sobrepasó la resistencia mínima (12 kg/cm<sup>2</sup>) dictada por la norma NTE-E.080. Al incrementar el tamaño y la cantidad de ichu, la resistencia a la flexión se incrementó en un 19.6% (10.162 kg/cm<sup>2</sup>) frente a la muestra de control (8.496 kg/cm<sup>2</sup>), lo que evidencia que la incorporación de ichu incrementa de manera notable esta resistencia mecánica.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Técnicas tradicionales de construcción**

La tapia es un sistema de construcción de tierra que se considera el más limpio, esto se debe a que permite la creación de muros monolíticos que cumplen funciones estructurales y de cerramiento, utilizando hormigón en masa como material de cimentación, eliminando la necesidad de armados adicionales; al finalizar su vida útil, la tierra es reutilizada o retornada a la naturaleza sin causar



alteraciones; aunque la construcción con tapia es un proceso más lento que el de los adobes, ya que cada capa requiere un tiempo de secado y ofrece una mayor resistencia a la compresión; además, el espesor de la tapia oscila entre 50 y 80 cm, dependiendo de las características del suelo y del proyecto, y siempre se construye in situ (Catalán, 2018).

### **2.2.2. El adobe**

Es un material de construcción compuesto de arcilla seleccionada, mezclado con paja u otras fibras naturales, que se moldea en forma de ladrillos o piezas estructurales y se seca al sol (Portillo, 2023). El adobe es utilizado para construir paredes, especialmente en regiones áridas o semiáridas, debido a su disponibilidad y bajo costo. Sin embargo, su resistencia a la humedad es limitada, por lo que se prefiere su uso en áreas con clima seco (Jaguaco, 2007). Según la (Norma E.080, 2017), es un elemento de tierra cruda, que se combina con paja y arena gruesa para aumentar su resistencia y durabilidad.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), aproximadamente un tercio, es decir, el 27.9%, los hogares se construyen con adobe y paja. Este material presenta una alta porosidad, lo que lo hace especialmente vulnerable a las condiciones climáticas adversas, particularmente en ambientes húmedos o con precipitaciones frecuentes; al ser un material altamente absorbente, tiende a retener grandes cantidades de humedad atmosférica que, con el tiempo, compromete de manera significativa su integridad estructural; la absorción de humedad no solo debilita el material internamente, afectando su cohesión y rigidez, sino que también provoca una disminución en su capacidad para soportar cargas verticales (peso de la estructura) y resistir las fuerzas

laterales, como las fuerzas de corte generadas por movimientos sísmicos o vientos fuertes; en regiones donde los fenómenos meteorológicos son frecuentes y las estaciones lluviosas son intensas, la exposición prolongada del adobe a la humedad sin una adecuada protección, como impermeabilización o recubrimientos específicos, genera una rápida degradación de las propiedades mecánicas del material, incluyendo una pérdida considerable de su capacidad para soportar cargas, como los pisos superiores de una vivienda o el techo, y la disminución en su resistencia frente a las fuerzas horizontales que afectan la estabilidad estructural en situaciones como los sismos, lo que incrementa la posibilidad de colapso durante condiciones climáticas adversas (Minke, 2014).

### **Figura 1**

#### *Adobes extendidos*



Nota: Adaptado de Portillo (2024)

La importancia del adobe radica en su carácter ecológico, económico y su potencial para la construcción de viviendas; como material tradicional, ofrece durabilidad, confort térmico y acústico, además de ser accesible para comunidades



con recursos limitados. Su implementación adecuada, junto con técnicas de construcción apropiadas, lo convierte en una opción sostenible y resiliente para la vivienda, preservando técnicas arquitectónicas ancestrales y promoviendo un enfoque consciente en la construcción (Goyeneche, 2011).

### **2.2.3. Propiedades físicas y mecánicas del adobe**

El adobe se distingue por su composición de barro arcilloso, arena y agua, proporcionando resistencia compresiva y aislamiento térmico óptimos para climas secos; su porosidad natural regula la humedad interior y, cuando se protege de la erosión, asegura durabilidad a largo plazo, favoreciendo la construcción de estructuras robustas y estéticamente rústicas, alineadas con prácticas sostenibles de edificación (Cruz, y otros, 2012).

Las características mecánicas del adobe abarcan resistencia a la compresión, flexión y tracción, las cuales varían según la composición del material y su proceso de fabricación; generalmente, el adobe muestra una resistencia a la compresión que varía entre un rango de 1 y 10 MPa, por otro lado, su resistencia frente a la flexión, compresión y tracción es considerablemente menor. Estas propiedades hacen que el adobe sea adecuado para estructuras que experimentan cargas principalmente compresivas, aunque su capacidad estructural mejora con técnicas modernas como el uso de refuerzos de fibra de polipropileno u otros materiales compatibles con métodos de construcción tradicionales (Cotrina, 2021).

Las propiedades físicas incluyen humedad, arcilla, límites líquido y plástico, y retracción. Las características mecánicas abarcan resistencia a compresión, flexión y módulo de rotura. El adobe es un bloque de tierra pura, que



en ocasiones se combina con paja o arena para incrementar su durabilidad; se requiere una composición específica de tierra para su fabricación, y los estabilizantes mejora sus características mecánicas. Estos afectan la densidad y conductividad térmica del adobe (García, 2023).

#### **2.2.4. Ventajas del adobe**

De acuerdo a Viza (2016), las ventajas más predominantes son:

- Disponibilidad y accesibilidad: Los materiales necesarios para hacer adobe, como la tierra y el agua, son abundantes y fácilmente accesibles, lo que reduce los costos con respecto a ladrillos, concreto u otros tipos de materiales más.
- Bajo costo: El adobe es económico de producir, ya que utiliza ingredientes naturales incluso gratuitos.
- Aislamiento térmico y acústico: Las paredes de adobe tienen buenas propiedades de aislamiento térmico, manteniendo los espacios frescos en verano y cálidos en invierno. También proporciona un buen aislamiento acústico, reduciendo el ruido exterior.
- Sostenibilidad ambiental: El adobe es un material respetuoso con el medio ambiente, ya que utiliza materiales locales y naturales, reduciendo la huella ecológica y la generación de residuos.
- Durabilidad: Cuando se construye y mantiene correctamente, el adobe es un material de uso común duradero y resistente.
- Versatilidad en el diseño: El adobe permite una variedad de diseños arquitectónicos y formas de construcción, desde casas rurales hasta estructuras más elaboradas.

### **2.2.5. Desventajas del adobe**

Antay (2020), menciona que también presenta peculiaridades, las cuales se convierten en desventajas:

- **Sensibilidad al agua:** El adobe es altamente susceptible a daños por agua. La lluvia excesiva o la humedad prolongada causa que el adobe se desintegre o se debilite, lo que compromete la integridad estructural de la construcción.
- **Baja resistencia:** Aunque el adobe es reforzado para mejorar su resistencia, las construcciones de adobe son inherentemente más susceptibles a los daños causados por los terremotos en contraste con otros materiales de edificación más actuales y duraderos.

#### **2.2.5.1. Procedimiento de selección de tierra**

De acuerdo con Martínez (2016), para la fabricación del adobe es necesario tener presente la realización de distintas pruebas, las cuales puedan garantizar la calidad del adobe.

Las pruebas de campo permiten realizar una evaluación preliminar de la calidad de la tierra seleccionada para la fabricación de adobe. Mediante la Resolución Ministerial 121-2017, emitida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, emitió la Norma E.080, que detalla y describe diversos ensayos para determinar la idoneidad de la tierra en el procedimiento de fabricación de adobe durante el proceso de producción de este material, entre las pruebas mencionadas se encuentran: la prueba olfativa, dental, de color, de tacto, de sedimentación, de la cinta



de barro y la prueba de la bolita, todas diseñadas para evaluar, de manera práctica, la aptitud del material en campo, (Antay, 2020).

#### **a) Prueba de olor**

Esta prueba, básicamente, es un procedimiento para detectar la presencia de material orgánico mediante el olor; consiste en recoger una muestra del material en estado húmedo y percibir su olor, si se percibe un olor desagradable, rancio y a humedad, se concluye que existe material orgánico.

Ya que es un material tradicional, existen adyacentes corrales de ganado. El criterio de evaluación es que, si se siente la presencia de algún olor, esta tierra será rechazada y por ende se debe de buscar otro lugar.

#### **b) Prueba de la mordida**

Esta técnica, conocida como la "prueba del rechinido", se utiliza para identificar materiales como arenas y limos mediante la sensación producida al frotarlos entre los dientes. Al realizar esta prueba, se recolecta un fragmento del material en cuestión y se procede a morderlo suavemente con los dientes. La sensación táctil y el sonido resultante proporcionan pistas sobre la composición y textura del material. Por ejemplo, las partículas más gruesas, como las de arena, producen un sonido crujiente y una sensación áspera al ser mordidas, mientras que los materiales más finos, como los limos, genera una sensación más suave y un sonido menos distintivo. Esta técnica simple y práctica se utiliza a menudo en el campo, especialmente en geología y geotecnia, para una rápida identificación cualitativa de los materiales del suelo.



Para ello se debe tomar en cuenta las afirmaciones:

- Si al aplicar presión con los dientes se escucha un sonido crujiente, indica la presencia de suelo arenoso.
- Si al morder, se produce un ligero crujido y la textura no resulta desagradable, estamos frente a un suelo limoso.
- Por otro lado, si al morder no se escucha ningún crujido, se trata de un suelo arcilloso.

### **c) Prueba de color**

La realización de esta prueba requiere una muestra de tierra en estado seco, ya que el uso de tierra húmeda podría inducir a errores en la interpretación de los resultados. La humedad presente en la muestra podría alterar la sensación táctil y el sonido emitido al morder, lo que dificultaría la identificación precisa del tipo de suelo. Por lo tanto, es fundamental asegurarse de que la muestra esté completamente seca antes de llevar a cabo la prueba, lo que garantizará resultados más confiables y precisos.

Para ello se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Si los tonos son más claros y vivos, indican la presencia de suelos orgánicos.
- Si predominan los colores oscuros, como negro o marrón verdoso, es característico de suelos orgánicos.
- En caso de que los colores sean grises, sugiere suelos limosos con presencia de carbonato de calcio, los cuales tienden a tener una baja cohesión.



#### **d) Prueba de tacto**

Esta evaluación distingue entre partículas con distintos niveles de tamaño o textura mediante el tacto, requiriendo tomar un pedazo de tierra con la mano. Al aplastar la tierra con el pulgar, se asocia la rugosidad de las partículas, desde las más ásperas hasta las más lisas.

- Si la tierra es orgánica, se caracteriza por ser áspera, quebradiza y poco pegajosa.
- Si la tierra es arenosa, se presenta como fina, sencillo de desmenuzarse en polvo y pegajosa.
- Si la tierra es limosa, resulta complicado de fracturar o romper, se desintegra lentamente en agua y es altamente pegajosa, con una textura fina.
- En caso de que la tierra sea arcillosa, la humedad causa que el terreno se expanda y se incremente en peso y tamaño, lo que resulta en agrietamiento y fisuras.

#### **e) Prueba de sedimentación**

Este procedimiento experimental implica depositar una cantidad específica de muestra de tierra en una botella de agua, seguido de agitación y un período de reposo de 24 horas. Posteriormente, se examinan los sedimentos que se han formado, distinguiendo las capas de arena y arcilla. Luego, se procede a medir el espesor de estas capas con el fin de determinar su proporción relativa dentro de la muestra de tierra. Este método permite una evaluación visual y cuantitativa de la composición de

la muestra, proporcionando información valiosa sobre la textura y la estructura del suelo.

El proceso se desarrolla de la siguiente forma:

- Agitar vigorosamente la mezcla de agua y tierra dentro de la botella durante un período de 5 minutos, y luego permitir que repose durante un lapso de 24 horas.
- Después de este tiempo, se observará que se han formado capas en el fondo de la botella, lo que permitirá distinguir entre la arcilla, la arena y el limo.

Además, es posible notar la presencia de material orgánico flotando en la superficie.

## Figura 2

### *Prueba de la sedimentación*



Nota: Muestra de la sedimentación adaptada de Cárdenas (2019)

### **f) Prueba de la cintilla**

Este método de evaluación se enfoca en determinar la cuantía de arcilla en un terreno a través de la prueba de la arcilla presente en un suelo "cinta de barro", la cual suele tomar unos 10 minutos en promedio. Para llevar a cabo esta prueba, Se selecciona una muestra de

barro con un determinado grado de humedad y se modela un cilindro de 12 mm de diámetro, que se sitúa con una mano. Después, se realiza el aplanado entre los dedos pulgar e índice hasta conseguir una cinta de 4 mm de espesor, la cual se mantiene suspendida por el periodo más largo posible. Se pueden obtener los resultados al medir la longitud de la cinta: si mide entre 20 cm y 25 cm, señala que el terreno posee una cantidad excesiva de arcilla. En cambio, si el corte se realiza a 10 cm o menos, el terreno presenta un contenido reducido de arcilla.

### Figura 3

#### *Prueba de la cintilla*



Nota: Muestra de la cintilla adoptada de Norma E.080 (2017)

#### g) Prueba de la bolita

El experimento implica la creación de cuatro pequeñas esferas utilizando tierra local, siguiendo la técnica adecuada para la fabricación de adobe. Se añade la menor cantidad de agua necesaria para la tierra, y posteriormente se forman las cuatro bolitas con las manos, obteniendo una forma circular hasta que adquieran una apariencia esférica.

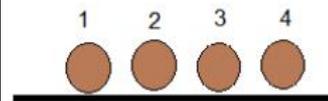
- El barro utilizado en la prueba debe ser suficiente para crear las cuatro bolitas, cada una con un diámetro de 2 cm.
- Se manipula y moldea con las manos, moldea el barro hasta crear esferas. Estas esferas se permiten secar por 48 horas en un sitio apropiado.
- Después del periodo de secado, se procede a presionar firmemente cada bolita con el pulgar y la mano índice.
- Después de la prueba, si ninguna de las cuatro bolitas se quiebra o agrieta, entonces se considera que el material es adecuado para emplearse en la producción de adobe.

#### Figura 4

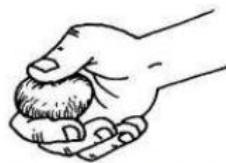
##### *Prueba de bolita*



moldar el barro haciendo bolitas



Dejar secar por 48 horas



Si la bolita no se rompe, la tierra **SÍ** sirve ya que tiene suficiente arcilla y los adobes serán resistentes.



Si la bolita se rompe, la tierra **NO** sirve ya que no tiene suficiente arcilla y los adobes no serán resistentes.

Nota: Manual de construcción prueba de la bolita (2010)

### 2.2.5.2. Procedimiento de la elaboración del adobe

El procedimiento de la elaboración del adobe es el siguiente:

El tipo de suelo requerido para fabricar adobes debe contener los componentes esenciales siguientes: arcilla de (10-20%), limo de (15-25%) y arena de (55-77%), según lo establecido por la norma E 080. Es importante evitar completamente los suelos orgánicos y cualquier material extraño que pueda afectar la capacidad para resistir la tracción, la compresión y la flexión.

Selección y dosificación de la mezcla: La primera etapa del proceso implica la selección cuidadosa de los materiales. Se elige una tierra arcillosa de alta calidad que tenga las propiedades necesarias para crear adobes resistentes y duraderos. La arena se selecciona por su granulometría adecuada, que ayudará a mejorar la resistencia y la estabilidad de los adobes. Se combinan con agua en proporciones específicas así formar una mezcla homogénea.

#### Figura 5

*Selección y zarandeo del material para el proceso de preparación del mezclado*



Nota: Selección del material, adaptado de Antay (2020)

Mezclado de los ingredientes: Una vez que se ha preparado la mezcla, comienza el trabajo manual. Los albañiles o artesanos amasan la mezcla con cuidado para asegurar una distribución uniforme de los materiales y una consistencia adecuada. Este proceso de amasado requiere habilidad y experiencia para lograr el equilibrio perfecto entre firmeza y maleabilidad.

### Figura 6

*Proceso de elaboración del adobe tradicional con fibra de polipropileno*



Nota: Uso de la fibra de polipropileno (2014)

Amasado y moldeado: Luego, la mezcla se moldea en forma de ladrillos o bloques utilizando moldes simples o simplemente las manos. Los adobes recién moldeados se colocan en una superficie plana y se dejan secar al sol. Durante este proceso de secado, los adobes se vuelven más firmes y adquieren la resistencia necesaria para soportar las cargas estructurales.

Secado: El tiempo de secado varía dependiendo de factores como el clima y la humedad ambiente. Es importante voltear regularmente los adobes para asegurar un secado uniforme y prevenir la deformación o el agrietamiento.



Almacenamiento: Una vez que los adobes están completamente secos, están listos para su uso en la construcción. Se almacenan en un lugar seco y protegido hasta que se necesiten, ya sea para levantar paredes, construir chimeneas o crear estructuras más complejas. Los pasos de producción de adobes es una manifestación de la conexión profunda entre el ser humano y la tierra, y representa una forma sostenible y respetuosa con el medio ambiente de construir viviendas y estructuras duraderas.

### **2.2.6. Ensayo de las propiedades físicas**

El adobe tradicional es un material de edificación que se ha utilizado durante miles de años, formado principalmente por barro arcilloso, arena y agua, a veces reforzado con paja y en nuestra situación incorporado con fibra de polipropileno para su durabilidad y resistencia a la compresión, con una textura terrosa y tonalidades que van desde el amarillo al marrón, el adobe destaca por su excelente capacidad de regular la humedad y proporcionar aislamiento térmico, ideal para climas secos y cálidos, aunque relativamente poroso, ofrece resistencia estructural adecuada y una durabilidad notable si se mantiene protegido de la erosión causada por el agua; su estética rústica y su bajo impacto ambiental lo convierten en una elección preferida para quienes valoran la construcción sostenible y la conexión con métodos tradicionales de edificación (Gama, y otros, 2012).

#### **2.2.6.1. Variación dimensional**

Es el proceso mediante el cual la mezcla pierde agua debido a la evaporación, lo que provoca una disminución en sus dimensiones de largo, ancho y altura durante su endurecimiento y secado. Esta reducción El



incremento de volumen produce tensiones internas de tracción que causan fisuras de retracción hasta que el adobe llega a su consolidación física y dureza, lo cual es el producto del proceso de secado.

La medida de la unidad de adobe, de acuerdo con la norma E-070 del RNE, se manifiesta en centímetros. El largo y el ancho hacen referencia a la superficie del asiento, y las medidas estándar para la junta suelen ser de 2 cm.

Para supervisar y establecer la variación en las medidas de las unidades de albañilería, se sigue los pasos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP 399.604, 2002) y (NTP.399.613, 2003).

#### **2.2.6.2. Alabeo**

El alabeo hace alusión a la distorsión de la sección transversal entre las caras contrarias de las unidades de adobe, que adoptan una forma cóncava o convexa. Esta deformación provoca un incremento en la espesidad de la junta y disminuye la adhesión con el mortero a causa de la creación de espacios vacíos en las zonas alabeadas horizontalmente, lo que repercute de manera negativa en la resistencia y la capacidad de flexión.

El alabeo produce efectos similares a la variación dimensional; ambos provocan un incremento o una reducción en el grosor de las uniones de mortero, lo que implica que impacta en la resistencia a compresión axial y la resistencia al corte en la albañilería. Un mayor alabeo, ya sea en forma cóncava o convexa, conlleva un aumento en el grosor de la junta.



Para establecer el alabeo de las unidades de construcción de albañilería, se sigue el procedimiento establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP 399.613, 2003).

## **2.2.7. Ensayo de las propiedades mecánicas**

### **2.2.7.1. Resistencia a compresión**

La resistencia a compresión señala la habilidad del adobe de construcción para soportar la compresión. En términos generales, altos niveles de resistencia a la compresión señalan una calidad excelente para todos los usos estructurales (Scaletti, 2007).

El método y los pasos de laboratorio conlleva la creación de cubos de 10 cm de arista, cuya dimensión corresponde a la menor dimensión de la unidad de adobe. La resistencia a la compresión se establece mediante la aplicación de la fuerza entre la superficie de la sección transversal de los especímenes (Tapial, 2013).

Los ensayos se realizan con componentes totalmente secos, y el valor mínimo permisible de la resistencia a la compresión será de 12 kg/cm<sup>2</sup>, conforme a lo estipulado en la normativa (Norma E.080, 2017).

### **2.2.7.2. Resistencia a flexión**

De acuerdo a Briceño y Marcos (2019), la resistencia a flexión es el esfuerzo máximo que un material puede alcanzar, soporta cuando se aplica una carga, hasta que ocurre su falla; es la habilidad de un material o estructura para resistir la presión de un material o estructura una fuerza que intenta doblarlo o deformarlo en un arco o curvatura. Por otra parte, es una



medida de cuánta fuerza soporta el material del adobe antes de fracturarse o fallar cuando se aplica una carga perpendicular a su longitud y no hay ninguna normativa que regule las pruebas de flexión aplicadas a los adobes; por esta razón, el ensayo se fundamenta en la norma NTP 399.613 (Peralta, 2010).

### **2.2.7.3. Resistencia a tracción**

Es un método para examinar la habilidad de un material para soportar fuerzas de tracción sin aplicar la carga de forma directa, por lo cual se utiliza principalmente en materiales que no son adecuados para ensayos de tracción directa, como los adobes, debido a su fragilidad y tendencia a fracturarse bajo tensiones directas y el método más utilizado para medir la tracción indirecta es el ensayo brasileño o de compresión diametral, en el cual se aplica una carga de compresión sobre el diámetro de un cilindro o disco; esta compresión genera tensiones de tracción en sentido perpendicular a la carga aplicada, y la resistencia a la tracción se determina a partir de la fuerza necesaria para romper el material; este ensayo es útil porque permite obtener una estimación de la resistencia a la tracción en materiales que son evaluados mediante los métodos convencionales de tracción directa, este valor se expresa colectivamente en unidades de presión, como mega pascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) (Chuya & Ayala, 2018).

La resistencia ultima, mediante el ensayo brasileño de tracción de la unidad, es de 0.08 MPa igual a  $0.81 \text{ kg}/\text{cm}^2$  (Norma E.080, 2017).

### **2.2.8. Tipos de fibras utilizadas para refuerzo del adobe**

#### **a) Fibra tradicional paja**

La paja es una fibra vegetal utilizada en la construcción tradicional de adobes, es ampliamente conocida en las zonas altoandinas por su resistencia, disponibilidad y bajo costo; se emplea en la elaboración de adobes y paredes debido a sus propiedades aislantes y su capacidad para mezclarse con el barro, para así evitar la división del barro y obtener una durabilidad a largo plazo (Hoyos, 2020).

#### **b) Fibra de cáscara de plátano**

La adición de fibra de cáscara de plátano en el adobe es una técnica sostenible e innovadora que busca optimizar sus propiedades físicas y mecánicas. Mejora su resistencia, reduce grietas y aporta propiedades térmicas y acústicas, siendo una opción sostenible al reutilizar residuos agrícolas (Guevara, 2024).

#### **c) Fibra de matara**

Es un componente natural, generalmente orgánico (como paja, pasto seco o bagazo), que se mezcla con la arcilla y la tierra para reforzar la resistencia y flexibilidad del material. Su función principal es evitar grietas durante el proceso de secado, mejorar la cohesión y aumentar la durabilidad del adobe (Loayza & Quispe, 2022).

#### **d) Fibra de eucalipto**

Es un material extraído de las hojas o cortezas del árbol de eucalipto, conocido por su resistencia, flexibilidad y propiedades naturales. En construcción,



es utilizada como un refuerzo en materiales como el adobe, mejorando su cohesión y reduciendo el riesgo de grietas (Chuna, 2020).

#### **e) Fibra de caña**

Es un material obtenido de la caña, generalmente del bagazo o de las partes trituradas del tallo. En la construcción tradicional, se utiliza como refuerzo en el adobe, mejorando su resistencia y evitando fisuras durante el secado (Mendoza, 2020).

Su estructura fibrosa aporta flexibilidad y estabilidad, lo que contribuye a la durabilidad del material en entornos rústicos o naturales (Robles, 2022).

#### **f) Fibra de lino o yute**

Fibra natural que mejora las propiedades mecánicas y ofrece una estética más uniforme en el adobe tratado (Sánchez E. , 2023).

### **2.2.8.1. Fibra de polipropileno**

El polipropileno es un tipo de fibra sintética derivada del polímero de polipropileno. Se adiciona al adobe tradicional luego de haber preparado con paja; se caracteriza por ser ligera, resistente y tener una estructura molecular lineal y semicristalina (Cornejo, 2018).

### **2.2.8.2. Características de fibra de polipropileno**

La fibra de polipropileno se caracteriza por sus características físicas y mecánicas que la hacen ideal para diversas aplicaciones. Físicamente, es ligera y resistente a la humedad, lo que la hace durable en entornos húmedos y corrosivos. Mecánicamente, ofrece alta resistencia a



la tracción y al impacto, mejorando la tenacidad y la resistencia al desgaste de los materiales compuestos cuando se utiliza como refuerzo. Su versatilidad y capacidad para resistir la degradación química la convierten en una opción popular en la construcción y en aplicaciones industriales donde se requiere resistencia y durabilidad (Ricardo, 2023).

Incorporar fibra de polipropileno al adobe proporciona características físicas y mecánicas optimizadas. Físicamente, refuerza la estructura del adobe, aumentando su resistencia a la tracción y al impacto, lo cual es esencial para mitigar grietas y mejorar la durabilidad. Mecánicamente, actúa como refuerzo estructural, incrementando la tenacidad y la resistencia al desgaste del adobe. Asimismo, debido a su obstinación a la humedad y a la corrosión, la fibra de polipropileno ayuda a mantener la integridad estructural del adobe en condiciones climáticas adversas, prolongando así su vida útil y mejorando su desempeño en aplicaciones de construcción sostenible (Chuquillanqui, 2019).

Armas (2016) menciona que las propiedades de la fibra de polipropileno varían dependiendo de su fabricación y grado de pureza, como se indica a continuación:

- Resistencia a la tracción: La fibra de polipropileno recubre tener una alta resistencia a la tracción, lo que significa que soportar fuerzas de estiramiento antes de romperse.
- Flexibilidad: Es un material flexible, lo que le permite deformarse antes de romperse, lo que es beneficioso para mejorar la capacidad de absorción.



- Resistencia química: El polipropileno es resistente a muchos productos químicos, lo que significa que no se deteriorará fácilmente cuando esté expuesto a condiciones ambientales adversas.
- Baja densidad: El polipropileno tiene una densidad relativamente baja, lo que significa que es liviano y no agrega una carga significativa al adobe.
- Buena resistencia al impacto: Resiste impactos moderados sin romperse, lo que es beneficioso para mejorar la durabilidad del adobe.
- Resistencia a la humedad: El polipropileno es inherentemente resistente a la humedad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en ambientes húmedos.
- Baja absorción de agua: La fibra de polipropileno tiene una baja absorción de agua, lo que la hace adecuada para aplicaciones donde se requiere estabilidad dimensional y resistencia a la humedad.
- Inercia biológica: Es resistente al ataque biológico, lo que lo hace adecuado para su uso en aplicaciones donde se requiere resistencia a microorganismos como bacterias y hongos.
- Reciclabilidad: Es reciclable, lo que lo hace atractivo desde un punto de vista ambiental y sostenible.



### **2.2.8.3. Ventajas de la fibra de polipropileno**

Las principales ventajas de esta fibra según Tovar (2021) son:

- Resistencia: Es altamente resistente a tracción, ideal para aplicaciones que requieren durabilidad.
- Ligereza: Es un material extremadamente liviano, siendo el plástico con el menor peso específico, lo que implica que se requiere un número reducido de producto final.
- Excelente estabilidad dimensional incluso a temperaturas elevadas.
- Resistencia a la humedad: No absorbe, siendo perfecta para entornos húmedos o exteriores.
- Resistencia química: Es resistente a una amplia gama de productos químicos, garantizando su durabilidad en diferentes entornos.

### **2.2.8.4. Desventajas de la fibra de polipropileno**

De acuerdo a esta investigación, se toma en cuenta las ventajas de incorporación de fibra de polipropileno para la resistencia del adobe. Sin embargo, de acuerdo a Irías (2013), estas fibras también presentan algunas desventajas, las cuales es importante resaltar:

- Baja resistencia a altas temperaturas: El polipropileno tiene una temperatura de fusión relativamente baja, lo que limita su uso en aplicaciones donde se requiere resistencia a temperaturas extremadamente altas.
- Baja resistencia al fuego: El polipropileno tiene una baja resistencia al fuego y fundirse o quemarse fácilmente en presencia



de altas temperaturas, lo que es una preocupación en aplicaciones donde se requiere una mayor resistencia al fuego.

- Sensibilidad a los rayos UV: Aunque el polipropileno tiene cierta resistencia a la radiación ultravioleta, se degrada con el tiempo cuando está expuesto a la luz solar directa durante períodos prolongados, lo que afecta su durabilidad y resistencia.

#### **2.2.8.5. Importancia de la fibra de polipropileno**

Esta fibra es esencial debido a su versatilidad y amplio uso en diversas industrias. Reconocida por su resistencia, ligereza y durabilidad, se emplea en textiles, cuerdas y otros productos donde se necesitan propiedades físicas robustas. Su capacidad para mejorar materiales como el adobe la hace valiosa en construcción. Con su resistencia a condiciones adversas y su potencial para mejorar la sostenibilidad, la fibra de polipropileno es esencial en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales (Muñoz, 2023).

#### **2.2.9. Resistencia del adobe agregado con fibra de polipropileno**

Según García et al. (2012), incorporar fibra de polipropileno al adobe optimiza sus propiedades físicas, especialmente en términos de resistencia. Estas fibras refuerzan la matriz del adobe, aumentando su resistencia a la tracción y reduciendo la formación de grietas, lo que contribuye a una mayor durabilidad (Aceromafe, 2022).

La fibra de polipropileno hace menos susceptible a la degradación por humedad y más resistente al desgaste causado por factores ambientales como la lluvia y el viento (Rhoton, 2023).

Incorporar fibra de polipropileno al adobe mejora su resistencia, así como su durabilidad (Chuquillanqui, 2019). Actúa como refuerzo dentro de la matriz del adobe, lo que ayuda a reducir la aparición de fisuras y a optimizar su capacidad para resistir tensiones y esfuerzos mecánicos (Brajhan & Percca , 2021). Esto se traduce en una mayor resistencia a compresión, flexión y tracción en comparación con el adobe sin refuerzo (Camarena & Díaz, 2022).

### Tabla 1

#### *Propiedades y aplicaciones del adobe tradicional con fibra de polipropileno*

<b>Aspecto</b>	<b>Adobe tradicional</b>	<b>Adobe con fibra de polipropileno</b>
Composición	Barro (combinación de arcilla con arena), paja y agua.	Barro, agua y añadir fibra de polipropileno a la mezcla.
Proceso de fabricación	Mezcla de los componentes, moldeado y secado al sol.	Mezcla de componentes, incluyendo fibras de polipropileno, moldeado y secado.
Propiedades mecánicas	Relativamente bajas, susceptibles a agrietamiento y erosión.	Mejoradas, mayor resistencia a tracción y reducción de agrietamiento.
Durabilidad	Moderada, se deteriora con el tiempo y la exposición a elementos.	Aumentada debido a la resistencia adicional proporcionada por la fibra.
Resistencia a impactos	Baja, se fractura con impactos fuertes.	Mejorada, mayor absorción de energía por la presencia de fibras.
Flexibilidad	Limitada, tendencia a quebrarse bajo flexión.	Aumentada, las fibras ayudan a distribuir las tensiones.
Conductividad térmica	Buena, actúa como un aislante térmico natural.	Similar, aunque las fibras tienen un efecto insignificante.
Impacto ambiental	Bajo, uso de materiales naturales y proceso de bajo consumo energético.	Moderado, introducción de fibras sintéticas no biodegradables.
Costo	Bajo, debido a materiales disponibles localmente y proceso simple.	Levemente mayor, debido al costo adicional de las fibras de polipropileno.
Aplicaciones	Construcción de viviendas y estructuras en áreas rurales.	Construcción de viviendas.

Nota: Adaptado de Minke (2006) y Flores (2007)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en el centro poblado Mi Perú, distrito de Puno, situado en la provincia de Puno, entre las coordenadas este 391446.14 m y norte 8242273.87 m. a una altitud de 4.305 m.s.n.m.

#### Figura 7

*Localización geográfica centro poblado Mi Perú*



Nota: Localización geográfica. Google earth pro 2024

#### 3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

##### 3.2.1. Tipo de investigación

El estudio se enmarca dentro del tipo de investigación según su finalidad; es aplicada, dado que busca intervenir o modificar un fenómeno específico de la realidad que está dentro del ámbito de estudio (García & Sánchez, 2020).



### **3.2.2. Nivel de investigación**

El nivel es explicativo, dado que se centra en detallar el perfeccionamiento de las características físicas y mecánicas del adobe clásico al incorporar fibra de polipropileno. Este nivel facilita una comprensión profunda de la influencia específica que tiene fibra de polipropileno en las características físicas y mecánicas del adobe tradicional (Veiga & Fuente, 2008).

### **3.2.3. Diseño investigación**

Según Arias (2012), corresponde a todos los elementos que ingresan a la unidad de análisis y presentan atributos y propiedades. El presente estudio estuvo conformado por 174 adobes entre tradicionales y con fibra de polipropileno elaborados en el centro poblado de Mi Perú, utilizando materiales característicos de la zona. Los adobes fueron elaborados reemplazando a la paja con diferentes porcentajes de fibra de polipropileno 0.5%, 1.0%, 1.5%, 3.0%, 5.0% y 7.0%. Los adobes tienen dimensiones de 30 cm de largo, 15 cm de ancho y 10 cm de altura, cumpliendo con las especificaciones establecidas en la Norma E-080.

### **3.2.4. Muestra**

La muestra es una parte de la población con aceptable nivel de representatividad, lo que garantiza la validez del estudio (Arias, 2012).

En esta investigación se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, porque se seleccionó 174 unidades de adobe a criterio del investigador: 30 tradicionales y 144 con fibra de polipropileno, 6 unidades de cada tipo para llevar a cabo los ensayos de laboratorio.

**Tabla 2**

*Muestra del estudio*

Ensayos	Nº de adobes
Ensayo a tracción indirecta	42
Ensayo a compresión	42
Ensayo a flexión	42
Ensayo de variación dimensional	24
Ensayo de alabeo	
Ensayo de absorción	24
Total	174

Nota: Elaboración propia

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 3**

*Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de medida
Fibra de polipropileno	Están fabricadas con un componente antimicrobiano que es un componente esencial de su composición, que modifica la función metabólica de los microorganismos, obstaculizando su proliferación y reproducción.	Esta fibra fortalece los adobes, reduciendo su peso y mejorando su resistencia y estabilidad. Esto refuerza las estructuras de las viviendas rústicas sin alterar su aspecto tradicional.	Fibra de polipropileno aplicada en las construcciones.	Cantidad de fibra de polipropileno por m <sup>3</sup> en base a resistencia y durabilidad.	m <sup>3</sup>
Propiedades físicas y mecánicas del adobe	Se define el adobe como un bloque material macizo de tierra sin cocer, el cual contiene paja u	Se evalúa la calidad de las viviendas basándose en la variabilidad dimensional, alabeo,	Resistencia a tracción  Resistencia a compresión	Pruebas de resistencia a tracción indirecta del adobe  Pruebas de resistencia del adobe	kg/cm <sup>2</sup> .  kg/cm <sup>2</sup> .



Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de medida
	otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.	resistencia a la compresión y desgaste, siendo esenciales para la eficacia de las construcciones de tierra. Además, buscan métodos innovadores para hacer las construcciones más eficientes y duraderas.	Resistencia a flexión	Pruebas de flexión del adobe para establecer su resistencia a cargas aplicadas perpendicularmente a su superficie.	kg/cm <sup>2</sup> .
			Variabilidad dimensional	Medir la variabilidad dimensional que garantiza la uniformidad y calidad del material.	mm.
			Alabeo	Medir del alabeo para garantizar la calidad del material.	mm.
			Absorción	Cantidad de agua saturada por área de contacto	g/cm <sup>2</sup>

Nota: Elaboración propia

### 3.4. PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS

#### 3.4.1. Contenido de humedad (NTP 339.127/ASTM D-2216)

##### Equipos y materiales

- Balanza analítica con precisión de 0.01 g, que sirve para registrar los pesos iniciales y finales de las muestras.



- Recipientes adecuados hechos de material que resista la corrosión y el cambio de peso cuando se somete a enfriamiento o calentamiento constante, se utilizan para contener las muestras durante el proceso.
- Horno de secado termostáticamente controlado, para el calentado a 110 °C a fin de evaporar la humedad del material.
- Etiquetas, mediante las cuales se identifican las muestras de manera específica.
- Cucharón, sirven para manipular las muestras sin contaminación.

### **Procedimientos**

Se seleccionaron muestras representativas del material con el fin de verificar la cantidad de humedad (NTP 339.127 1998, 2019).

Se colocó una etiqueta distintiva para cada muestra, con el fin de su identificación específica.

Se ejecutó el pesado a cada muestra representativa en la balanza analítica, registrando su masa inicial de manera precisa.

Se introduce en el horno durante 24 horas, previamente calentada a una temperatura de 110 °C.

Tras estas horas, se procede a eliminar las taras para después permitir su enfriamiento.

Se realizó el pesado de las muestras secas en la balanza analítica, lo que se indica en la prueba de ensayo correspondiente.

En relación al cálculo de contenido de humedad, se determinaron las diferencias entre las masas inicial y final de cada muestra. La diferencia hallada es la cantidad de agua evaporada durante el procedimiento de secado, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = [(Masa\ inicial - Masa\ final) / Masa\ final] \times 100$$

Se realizó el registro de la información de los resultados obtenidos de cada muestra, mediante la determinación de promedios.

### Figura 8

#### *Ensayo del contenido de humedad*



Nota: Muestras de contenido de humedad

### Figura 9

#### *Pesado de las muestras*



Nota: Muestras en balanza debidamente etiquetadas



### 3.4.2. Diseño de investigación

#### **Equipos y materiales:**

- Tamices N° 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 100 y 200.
- Horno, para secar las muestras a temperatura constante.
- Balanza analítica, para pesar con precisión las muestras.
- Bandejas metálicas, para secado y transporte de muestras.
- Recipientes de lavado, para dispersar y lavar las muestras.
- Agua limpia, para eliminar partículas finas solubles y garantizar un lavado claro.

#### **Procedimiento:**

Luego de seleccionar la muestra representativa de 5 kg, se ejecutó el tamizado de diferentes tamaños, en los tamices N° 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 100 y 200, uniformizando en grupos de acuerdo a las dimensiones de las partículas (NTP 339.128, 2019), detallando a continuación el proceso:

Se eliminó el material orgánico y las partículas grandes que no pasaron por el tamiz de 4,75 mm.

- Se hizo el lavado de las muestras colocándolas en los correspondientes recipientes.
- Se realizó el proceso del mezclado de la muestra hasta que quede plenamente dispersa en el agua.
- Se eliminaron las partículas finas solubles en el agua mediante el filtrado de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200).

- Se hizo el lavado de las partículas retenidas en el tamiz No. 200, con agua limpia, de manera que el agua que pase por el tamiz esté clara.
- Se trasladaron las partículas retenidas en el tamiz N° 200 a una bandeja metálica para secarlas en el horno.
- Se registró el peso de la bandeja y con las partículas secas quedando 210 gr para realizar el ensayo de granulometría.
- Para el tamizado se apilaron los tamices de acuerdo al orden de abertura ascendente, es decir, el tamiz de malla más grande se ubicó en la parte superior.
- Se agitó el conjunto de tamices durante un tiempo aproximado de 20 minutos con el fin de asegurar una separación adecuada de las partículas. Se hizo el pesado de cada tamiz con las partículas retenidas luego del tamizado.
- Para la distribución de tamaños, se calculó el porcentaje de masa retenida con respecto a la masa total de la muestra. Se construyó el gráfico correspondiente, es decir, la curva granulométrica.

### Figura 10

#### *Diagrama de flujo*



Nota: Se muestra los materiales necesarios

## Figura 11

### *Pesado del granulado*



Nota: Pesado del granulado

### 3.4.3. Límite líquido (NTP 339.129/ASTM D-4318)

#### **Equipos y materiales:**

- Horno, para el proceso secado de las muestras a una temperatura de 110 °C durante 24 horas.
- Tamiz N° 40 (425 μm), para tamizar la muestra seca.
- Placa de vidrio esmerilado, para mezclar la muestra.
- Espátula, para mezclar, nivelar y recolectar la muestra.
- Copa de Casagrande, para realizar los golpes controlados.
- Ranurador, para hacer el corte en la pasta.
- Recipientes para almacenar y pesar las muestras.
- Balanza analítica, para medir con precisión las masas.
- Agua destilada, para el preparado de la pasta homogénea.

#### **Procedimiento:**

En este aspecto, se recolecta una muestra representativa del suelo para secarla en el horno a una temperatura de 110 °C durante 24 horas (Ortega, 2019).



La muestra seca se tamiza utilizando un tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No 40).

Se mezcló la muestra colocando una porción de la misma, tamizada en una placa de vidrio esmerilado.

Gradualmente se agrega agua destilada para realizar el mezclado con una espátula hasta obtener una pasta homogénea y moldeable.

Para el moldeo de la muestra se toma una porción de pasta del suelo para colocarla en la Copa de Casa Grande.

Se utiliza la espátula para nivelar la superficie hasta que quedara completamente lisa y uniforme. Luego, se procede a realizar un corte en la superficie con el ranurador. Después, los golpes se efectúan en la copa de Casa Grande con una regularidad de 2 golpes cada 2 segundos hasta que se notó que la parte donde se realizó el corte comenzó a unirse, aproximadamente a una distancia de 1 centímetro.

Se aplicaron golpes siguiendo los rangos establecidos por la copa de Casa Grande: entre 15 y 20 golpes, 20 y 25 golpes, 25 y 30 golpes y entre 30 y 35 golpes. Posteriormente, se realiza un corte en la sección sellada, recolectando el material con una espátula y colocándolo en un recipiente para su posterior pesaje.

Una vez obtenidas las cuatro muestras que cumplen con los criterios establecidos, estas se introducen en un horno con una temperatura controlada de 110 °C durante un período que oscila entre 16 y 24 horas. Tras el periodo de secado, las muestras son pesadas para establecer la cantidad de humedad que poseen cada una ha perdido.

En lo que concierne al cálculo del límite líquido, se ejecutaron diversas pruebas con diferentes índices de humedad para trazar una curva de flujo. Donde indica la ecuación de la línea trazada, se reemplazaron los valores y se obtuvo el límite líquido.

### Figura 12

#### *Cálculo de límite líquido*



Nota: Materiales a utilizar para el límite líquido

### Figura 13

#### *Procedimiento para el cálculo del límite líquido*



Nota: Procedimiento realizado

**Obtención del límite líquido:** Los límites líquidos son propiedades fundamentales del suelo que indican su capacidad para cambiar de estado bajo ciertas condiciones de humedad. Estos parámetros, definidos por Atterberg, son



esenciales para entender y predecir el comportamiento mecánico del suelo bajo cargas y condiciones ambientales variables, ayudando a diseñar cimientos y otras estructuras de manera segura y eficiente (Granados, 2022).

#### **3.4.4. Limite plástico (NTP 339.129/ASTM D-4318)**

##### **Equipos y materiales:**

- Horno, es para secar las muestras a una temperatura de 110 °C durante 24 horas.
- Placa de vidrio esmerilado, para trabajar la pasta y formar los hilos.
- Espátula, para mezclar y manipular las muestras.
- Agua destilada, para preparar la pasta homogénea.
- Balanza analítica, para pesar las muestras antes y después del secado.
- Recipientes, para almacenar y pesar las muestras.

##### **Procedimiento**

- Se emplea el material restante del límite líquido.
- Se agrega agua destilada de forma gradual para realizar la mezcla gradualmente hasta obtener la pasta homogénea.
- Para determinar el límite plástico, se toma una porción de la preparación pasta de suelo, formando una bola y colocándola sobre una placa de vidrio esmerilado, con la yema de los dedos.
- Se formó un rollo con los dedos hasta alcanzar un hilo delgado de 3 mm de diámetro.
- Se registró el peso de la muestra para hallar el contenido de humedad respectivo en el punto de ruptura, lo que corresponde al límite plástico, y se repite el procedimiento hasta obtener 3 rollitos.

- Las muestras fueron colocadas en el horno durante un periodo de 24 horas.  
Al día siguiente, se retiraron las muestras del horno y se procede a pesarlas.

### Figura 14

#### *Ensayo para el límite plástico*



Nota: Materiales para el ensayo plástico

### Figura 15

#### *Procedimiento para el ensayo del límite plástico*



Nota: Se muestra en detalle el proceso

### 3.4.5. Ensayo de tracción indirecta del adobe (Norma E-080)

#### **Equipos y materiales**

- Equipo de tracción indirecta.



- Muestras cúbicas a ensayar de dimensiones de 10 x 10 x 10 cm.
- Tablilla o varilla centrada, para distribuir la carga de manera uniforme.
- Balanza analítica, para pesar las muestras.

Regla metálica, para verificar las dimensiones de los cubos.

### **Procedimiento:**

Después de rotular los adobes de 10x10x10 cm de acuerdo a su incorporado de fibra de polipropileno en cada uno, se tomaron medidas de cada muestra. Se colocaron en ubicación vertical y se les aplicó una carga de compresión diametral con la máquina a una velocidad constante hasta que el espécimen culmine el proceso.

En el ensayo de los especímenes, se transmite la carga concentrada a través de una tablilla o varilla centrada, produciendo una distribución de esfuerzos similar a la que se produce en el ensayo del cilindro.

La distribución de esfuerzos no variará en el caso de la probeta cilíndrica si el material de los excedentes de la figura cúbica se coloca en un plano central paralelo a la hoja y se considera la siguiente fórmula:

$$\sigma t = 2P/(\pi * L^2),$$

Donde:

P: es la carga aplicada.

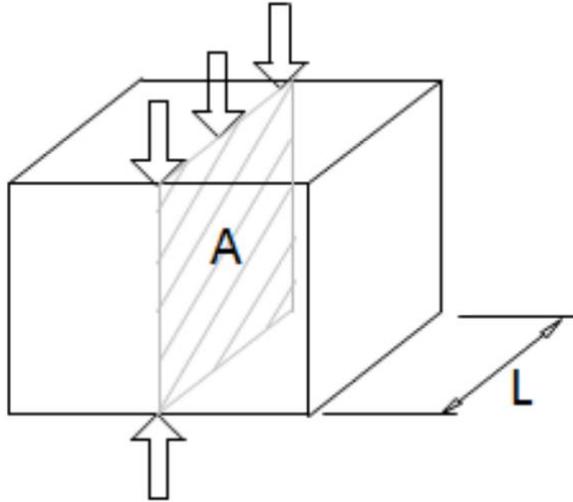
$\pi$ : es el valor de 3.14

L: lado del cubo.

El plano de falla se representará aproximadamente en el área A, de acuerdo a la figura 16.

### Figura 16

*Ensayo de tracción indirecta de una probeta cúbica*



Nota: Ensayo de tracción en adobes obtenido de Vargas (2018)

### Figura 17

*Ensayo de tracción indirecta de una probeta cúbica*



Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos

### Figura 18

*Ensayo de tracción indirecta del adobe tradicional con 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de polipropileno*



Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos

### Figura 19

*Ensayo de tracción indirecta del adobe tradicional con 3.0% y 5.0% de fibra de polipropileno*



Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos

## Figura 20

*Ensayo de tracción indirecta del adobe tradicional con 7.0% de fibra de polipropileno*



Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos

### 3.4.6. Ensayo de compresión del adobe (NTE E 0.80, NTP 339.604 y NTP 339.613)

#### Equipos y materiales

- Equipo de compresión, para aplicar la carga axial gradual.
- Etiquetas, para identificar cada muestra.
- Balanza, para pesar las muestras.
- Regla metálica, para verificar las dimensiones de las muestras.
- Tabla Excel, para registrar y analizar los datos de carga.

#### Procedimiento:

- Se preparan los especímenes de acuerdo a las especificaciones requeridas, colocándolas en los moldes de las gaveras de 10 cm x 10 cm x 10 cm,



dejándolas secar durante 28 días (Norma E.080, 2017) y (NTP 399.613 y 399.604), para someterlos a ensayos.

- Se colocan etiquetas en los especímenes con identificadores precisos.
- Se utiliza el equipo de compresión, para determinar el comportamiento del adobe bajo una carga de presión en aumento constante.
- Se coloca el espécimen en el equipo de compresión, asegurándose de que esté centrada y alineada correctamente con la carga axial (NTP 339.604).
- Se aplica una carga axial gradualmente a una velocidad especificada según las normativas o estándares aplicables.
- Se continúa aplicando la carga hasta que el espécimen falle, registrando la carga máxima alcanzada.
- Se registran los datos de carga en una tabla Excel.

#### **Análisis de los resultados:**

- Se calcula la resistencia a compresión del adobe dividiendo la carga máxima por el área transversal de la muestra, con la siguiente fórmula

$$f'm = Cm/A$$

Donde

F'm: Resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>).

Cm: Carga máxima aplicada (kg).

A: Área de aplicación de la carga (cm<sup>2</sup>).

## Figura 21

*Proceso de ensayo de compresión*



Nota: Materiales utilizados en el proceso

## Figura 22

*Especímenes de 10 x 10 x 10 cm en el equipo de compresión, debidamente rotuladas*



Nota: Piezas comprimidas

### Figura 23

*Especímenes de 10 x 10 x 10 cm en el equipo de compresión, debidamente rotuladas con porcentajes de fibra de polipropileno*



Nota: Especímenes comprimidos con porcentajes de fibra de polipropileno

#### 3.4.7. Ensayo de flexión del adobe (NTP 339.613)

##### Equipos y materiales:

- Equipo de ensayo a flexión.
- Especímenes con dimensiones de 30 cm x 15 cm x 10 cm.
- Regla metálica, para medir las dimensiones del adobe.
- Tiza o marcador, para señalar los puntos de aplicación de carga.
- Espátula, para nivelar las superficies y asegurar uniformidad.
- Tabla de Excel para registrar los datos de carga.

##### Procedimiento:

Se procede a pulir las superficies opuestas para asegurar una distribución uniforme de las cargas, seguido del marcado con tiza en los puntos donde se aplicarán dichas cargas.



Se miden las dimensiones de cada pieza de adobe con el fin de calcular la superficie de contacto con la máquina de ensayo de flexión.

Se coloca el adobe en la máquina de flexión de manera que esté soportada adecuadamente en ambos extremos, con una longitud libre especificada entre los puntos de apoyo, asegurando que esté correctamente alineada con el dispositivo de carga para aplicar en el centro de la misma.

La carga va aumentando gradualmente a un desplazamiento de 1.25 mm/min entre los cabezales de la máquina de ensayo, que no debe exceder los 1.3 mm/min hasta que el adobe falle, registrando la carga máxima alcanzada.

Se registran los datos de carga en una tabla según sea necesario.

Análisis de los resultados: Se determina la resistencia a flexión del adobe con la siguiente fórmula:

$$\sigma = 3 x F x L / 2 x b x d^2$$

Donde:

F: Carga máxima aplicada al adobe.

L: Es la distancia entre apoyos.

B: Ancho del adobe.

D: Espesor del adobe.

## Figura 24

### *Ensayo de flexión del adobe*



Nota: Materiales necesarios para el proceso de ensayo a flexión

## Figura 25

### *Procedimiento del ensayo de flexión*



Nota: Se muestra en detalle el proceso

**Figura 26**

*Procedimiento del ensayo de flexión con 3% de fibra de polipropileno*



Nota: Ensayo de resistencia a la flexión

**Figura 27**

*Procedimiento del ensayo a flexión con 5% y 7% de fibra de polipropileno*



Nota: Ensayo de resistencia a la flexión



### 3.4.8. Ensayo de variación dimensional del adobe (NTP 339.613 y NTP 339.604)

#### **Equipos y materiales:**

- Regla metálica, para medir las dimensiones del adobe con precisión (longitud, ancho y altura).
- Mesa o plataforma, para colocar las muestras de adobe y realizar las mediciones de manera estable.
- Tabla en Excel, para anotar las dimensiones medidas y los resultados del ensayo.
- Calculadora, para realizar el cálculo de la variación dimensional utilizando la fórmula indicada.

#### **Procedimiento:**

El ensayo de variación dimensional se lleva después de completar el proceso de secado del adobe tradicional y con fibra de polipropileno, con dimensiones de 30 cm x 15 cm x 10 cm, el cual duró 28 días. El adobe debe estar en condiciones adecuadas para el ensayo (limpio, sin defectos visibles, etc.).

Utilizando los instrumentos de medición adecuados (regla metálica), mide las dimensiones del adobe en condiciones estándar (temperatura ambiente, humedad normal, etc.). Se registran las medidas de longitud, ancho, largo y altura del bloque de adobe.

Se calcula la variación dimensional con la siguiente fórmula:

$$\%V = (DN - DP) \times 100 / DN$$

Donde:

%V: es la variación dimensional en porcentaje.

DN: es la dimensión nominal (cm).

DP: es la dimensión promedio de cada lado (cm).

### Figura 28

*Ensayo de variación dimensional*



Nota: Ensayo de resistencia a la flexión

### Figura 29

*Procedimiento de la variación dimensional en adobes tradicionales y con fibra de polipropileno*



Nota: Se muestra el procedimiento



### 3.4.9. Ensayo de alabeo del adobe (NTP 339.613 y NTP 339.604)

#### Equipos y materiales

- Brocha, para limpiar el polvo aglutinado en las unidades de adobe.
- Regla metálica, para medir la concavidad y la convexidad de cada pieza de adobe son variables.
- Cuña de madera, para ayudar en la medición y registro de la deformidad alabeada de la superficie del adobe.
- Superficie plana, para colocar los bloques de adobe y asegurar mediciones precisas.
- Tabla en Excel, para anotar las medidas de concavidad y convexidad.
- Calculadora, para realizar el cálculo del alabeo utilizando la fórmula proporcionada.

#### Procedimiento:

El ensayo de alabeo se lleva después de completar el proceso de secado del adobe con dimensiones de 30 cm x 15 cm x 10 cm, el cual dura 28 días. El adobe debe estar en condiciones adecuadas para el ensayo (limpio, sin defectos visibles, etc.).

Se limpia con una brocha el polvo aglutinado en los bloques de adobe. Se procede a colocar sobre una superficie plana.

Se procede a medir la concavidad y convexidad de bloque unidad de adobe utilizando una regla metálica en dirección diagonal, una cuña de madera y registrarla como alabeo de la superficie.

### Figura 30

*Medición de la concavidad y convexidad en cada unidad de adobe*



Nota: Medición de concavidad y convexidad

Análisis de los resultados. Se calculó el alabeo con la siguiente fórmula:

$$Ap = Cvp / Cxp,$$

Donde:

Ap: es el alabeo promedio (mm).

Cvp: es la concavidad promedio (mm).

Cxp: es la convexidad promedio (mm).

### Figura 31

*Ensayo de alabeo*



Nota: Se muestra en detalle el procedimiento



### **3.4.10. Ensayo de absorción del adobe (NTP 339.613 y NTP 339.604)**

#### **Equipos y materiales:**

- Balanza, para medir el peso seco de la muestra y el peso saturado tras la inmersión.
- Regla metálica, para medir el área de contacto de la unidad de adobe con el agua.
- Bandeja metálica, para sumergir las piezas de adobe en el agua.
- Agua, para llenar la bandeja hasta sobrepasar 3 mm el área de contacto del espécimen.
- Cronómetro o temporizador, para medir el tiempo de saturación (60 segundos).
- Cuaderno, para anotar los pesos y los datos de absorción.
- Calculadora, para realizar el cálculo de la absorción utilizando la fórmula proporcionada.

#### **Procedimiento:**

La prueba de absorción se lleva después de completar el proceso de secado del adobe con las dimensiones de 30 cm x 15 cm x 10 cm, el cual dura 28 días. El adobe debe estar en condiciones adecuadas para el ensayo (limpio, sin defectos visibles, etc.).

Se registran las medidas del área de contacto y el peso en seco del material de estudio; luego se colocaron los adobes dentro de la bandeja. Se llena la bandeja con agua hasta que sobrepasa los 3 mm el área de contacto del espécimen y se deja saturar por un periodo de tiempo de 60 segundos. Se retiran los adobes de la bandeja y se registran los pesos saturados.

Se registran los datos de absorción tanto del adobe convencional como del adobe con fibra de polipropileno. Luego se calcula con la siguiente fórmula:

$$Abs = (W_{sat} - W_{sec})/A$$

Donde:

Abs: es la absorción (g/cm<sup>2</sup>).

W<sub>sat</sub>: es el peso saturado (g).

W<sub>sec</sub>: es el peso seco del espécimen (g).

A: es el área de contacto de la unidad de adobe con el agua (cm<sup>2</sup>).

### Figura 32

#### *Ensayo de absorción*



Nota: Procedimiento de absorción en detalle

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

##### Contenido de humedad

**Tabla 4**

*Contenido de humedad*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA				
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ			
FECHA:	05/10/2023			
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD			
CAPSULA N°		1	2	3
Peso de la cápsula gr.		24.91	25.07	23.47
Peso de cápsula + suelo húmedo gr.		73.32	72.20	73.50
Peso de cápsula + suelo seco gr.		71.80	70.10	71.70
Peso agua gr.		1.52	2.10	1.80
Peso suelo seco gr.		46.89	45.03	48.23
Contenido de humedad. %		3.24	4.66	3.73
				Contenido de humedad (%) 3.88

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 4 presenta el contenido de humedad individual varía entre 3.24% y 4.66%, indicando diferentes niveles de humedad en las muestras analizadas. Los pesos de la cápsula, suelo húmedo y suelo seco proporcionan información detallada para calcular estos porcentajes. El promedio general del contenido de humedad para las tres muestras es del 3.88%, brindando una visión comprensiva de la humedad promedio del suelo estudiado. Esto nos señala que la muestra seleccionada tiene la cohesión adecuada para moldear los adobes de manera efectiva.

## Límite líquido

**Tabla 5**

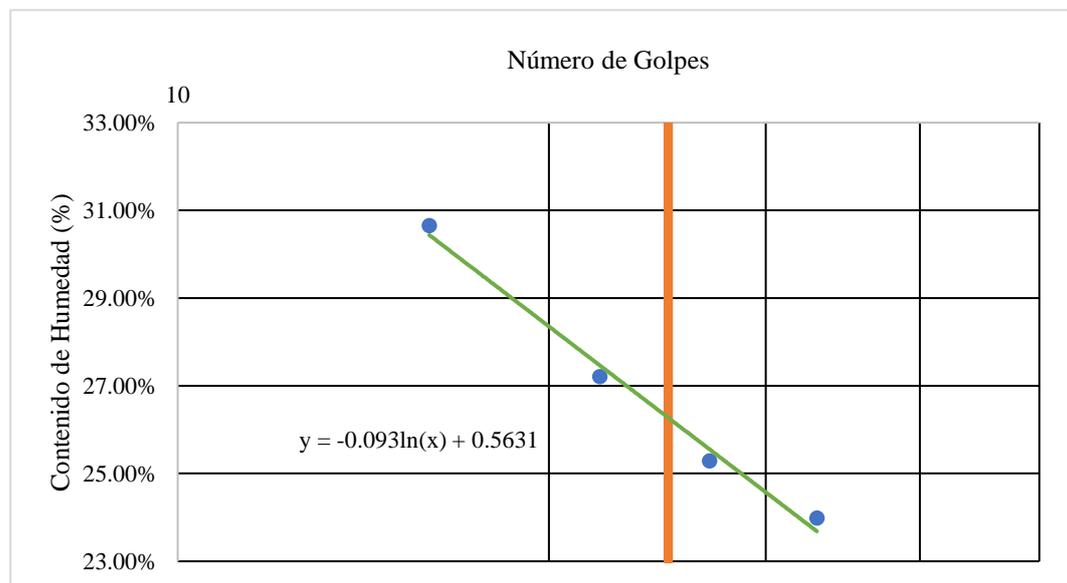
*Límite líquido de las muestras*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA				
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ			
FECHA:	07/10/2023			
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
ENSAYO:	LÍMITE LIQUIDO			
Descripción	Limite liquido			
Ensayo No	1	2	3	4
Peso de cápsula + suelo húmedo gr.	31.16	33.50	32.09	32.09
Peso de cápsula + suelo seco gr.	27.65	29.65	28.60	28.60
Peso agua gr.	3.51	3.85	3.49	3.49
Peso de la cápsula gr.	16.2	15.5	14.8	14.8
Peso suelo seco gr.	11.45	14.15	13.80	13.80
Contenido de humedad. %	30.66%	27.21%	25.29%	25.29%
Numero de golpes	16	22	27	33
			Limite liquido	26.37%

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

**Figura 33**

*Límites de líquido y contenido de humedad % en el suelo*



Nota: Elaboración propia

La tabla 5 y figura 33 muestran el análisis de los datos de los límites líquidos. Se observa que el contenido de humedad varía entre el 25.29% y el 30.66%. Estos valores

representan la cantidad de agua necesaria para así el suelo pase del estado semilíquido al plástico. El límite líquido promedio para las cuatro muestras es del 26.37%. En base a los resultados obtenidos, se afirma que el suelo tiene un nivel de humedad adecuado y es apto para la fabricación de adobes.

## Límite plástico

**Tabla 6**

*Límite plástico en los suelos*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA			
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ		
FECHA:	07/10/2023		
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		
ENSAYO:	LÍMITE PLÁSTICO		
Descripción	Límite Plástico		
Ensayo No	1	2	3
Peso de cápsula + suelo húmedo gr.	25.53	24.28	27.47
Peso de cápsula + suelo seco gr.	23.60	22.25	25.50
Peso agua gr.	1.93	2.03	1.97
Peso de la cápsula gr.	15.20	14.40	16.80
Peso suelo seco gr.	8.40	7.85	8.70
Contenido de humedad. %	22.98%	25.86%	22.64%
Numero de golpes	23.83%		
	Límite plástico	23.83%	

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 6 muestra el análisis de los límites plásticos de las muestras de suelo, los contenidos de humedad oscilan entre el 22,64% y el 25,86%. Estos valores representan la cantidad de agua necesaria para que el suelo alcance un estado plástico. El promedio de los límites plásticos para estas muestras es del 23.83%, proporcionando una indicación clave sobre la franja de contenido de humedad en la que estas muestras se ubican entre un estado semisólido y plástico.

## Resultado de clasificación de suelos

**Tabla 7**

*Resultado de ensayos para la clasificación de suelos Puno, 2023*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (%) NPT 339.127</b>		<b>3.88</b>
Limite liquido (%)		26.37%
Limite plástico (%)		23.83%
Índice plasticidad (%)		2.55%

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 7 presenta los resultados de los ensayos, indicando importantes propiedades geotécnicas del suelo bajo análisis, ya que el contenido de humedad natural se registró en un 3.88%, ofreciendo datos sobre el estado hídrico del suelo en su condición original según la norma NPT 339.13. Los límites líquido y plástico se determinaron en 26.37% y 23.83%, respectivamente, lo que lleva a una clasificación SUCS según la norma NTP 339.14. Estos valores son importantes para comprender la plasticidad y la consistencia del suelo, influenciando directamente en su capacidad para soportar cargas. También, el índice de plasticidad, calculado en un 2.55%, complementa la clasificación del suelo según la norma, de acuerdo con la norma NTP 339.13.

## Ensayo de granulometría

**Tabla 8**

*Ensayo de granulometría*

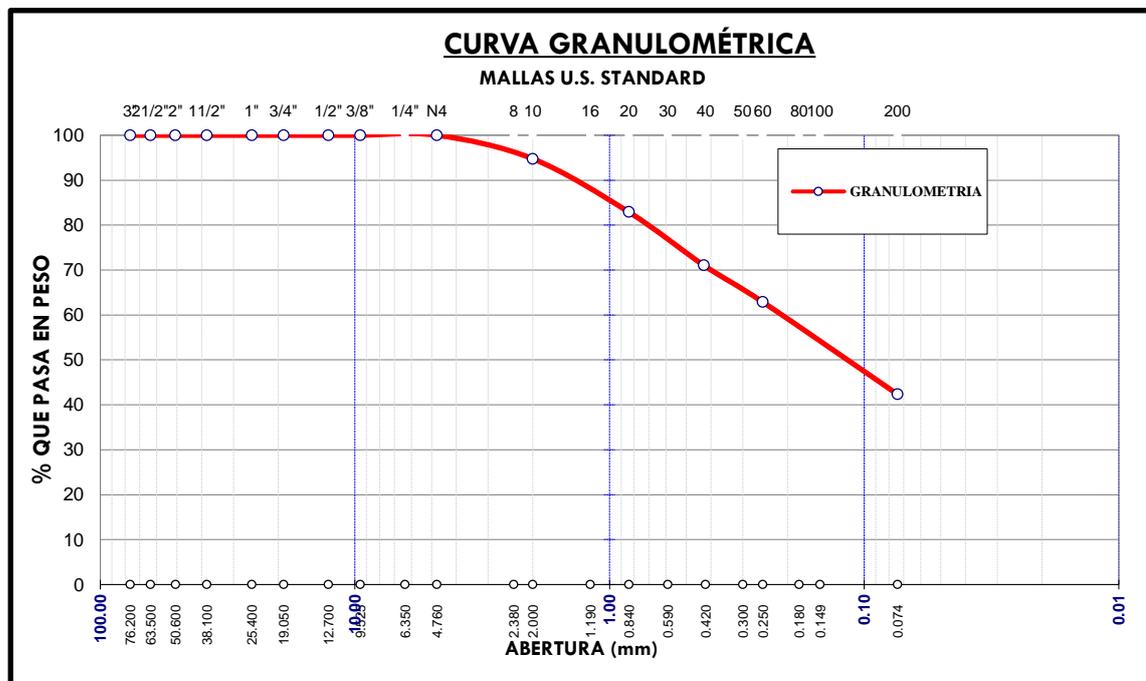
Nº DE MALLA	ABERT . DE MALL. (mm)	PESO RETENID O	% RET. PARCIA L	% RET. ACUMU L	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.20		0.00	0.00	100.00	Peso Inicial : 210 gr
2 1/2"	63.50		0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
2"	50.80		0.00	0.00	100.00	Límite Liquido : 26.37%
z	38.10		0.00	0.00	100.00	Límite Plástico : 23.83%

Nº DE MALLA	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1"	25.40		0.00	0.00	100.00	Índice Plástico : 2.55%
3/4"	19.05		0.00	0.00	100.00	
CLASIFICACIÓN DEL SUELO						
1/2"	12.70		0.00	0.00	100.00	AASHTO : A-4 (1)
3/8"	9.53		0.00	0.00	100.00	SUCS : SM-SC
1/4"	6.35		0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.76		0.00	0.00	100.00	
Nº 6	3.36		0.00	0.00	100.00	% de Grava : 0.00%
Nº 8	2.38		0.00	0.00	100.00	% de Arena : 57.65%
Nº 10	2.00	11.01	5.24	5.24	94.76	% Pasa Nº 200 : 42.35%
Nº 16	1.19		0.00	5.24	94.76	
Nº 20	0.84	24.89	11.85	17.10	82.90	
Nº 30	0.59		0.00	17.10	82.90	
Nº 40	0.43	24.92	11.87	28.96	71.04	
Nº 60	0.25	17.14	8.16	37.12	62.88	Observaciones:
Nº 80	0.18		0.00	37.12	62.88	
Nº 100	0.15	20.24	9.64	46.76	53.24	
Nº 200	0.07	22.86	10.89	57.65	42.35	
-200		88.94	42.35	100.00	0.00	

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

**Figura 34**

*Curva granulométrica*



Nota: Elaborado en laboratorio



La tabla 8 y la figura 34 muestran la granulometría que proporciona información detallada sobre la distribución de tamaños de las partículas en la muestra de suelo. El análisis indica que tiene una clasificación de suelo A-4, según la norma AASHTO, y una clasificación SM-SC (Arenas limosas – Arenas arcillosas) según el sistema SUCS. Además, se obtienen datos específicos sobre la distribución de partículas, representados en porcentajes acumulativos y parciales que pasan a través de diferentes tamaños de malla. La clasificación indica que el suelo contiene un 57.65% de arena, mientras que la fracción de grava es del 0.00%. El porcentaje acumulado que pasa a través de la malla N° 200 es del 42.35%, indicando la presencia significativa de partículas finas. Las observaciones detallan la variabilidad en los porcentajes de retención y paso para cada tamaño de malla, brindando una comprensión exhaustiva de la composición granulométrica de la muestra.

En consecuencia, el suelo examinado es adecuado para la producción de bloques de adobe, como lo establece la norma E.080, ya que cumple con los criterios de clasificación de suelos que requieren entre un 55% y un 70% de arena, un 10% a un 20% de arcilla y un 15% a un 25% de limo.

## 4.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE

### Resistencia a la tracción

**Tabla 9**

*Ensayo de resistencia a tracción indirecta - adobe tradicional*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA							
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ						
FECHA:	25/09/2024						
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR COMPRESIÓN DIAMETRAL						
<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA - ADOBE TRADICIONAL</b>							
Especímen N°	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Área (cm)	Carga de rotura (kN-kg)		Esfuerzo de tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	9.90	9.80	97.02	2.39	243.71	1.60	
2	10.00	9.90	99.00	2.32	236.57	1.52	
3	9.80	9.80	96.04	2.28	232.49	1.54	
4	10.00	9.70	97.00	2.36	240.65	1.58	
5	9.80	10.00	98.00	2.29	233.51	1.52	
6	10.00	9.60	96.00	2.21	225.35	1.49	
Promedio						1.54	

Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 9 presenta los resultados de un ensayo de resistencia a tracción indirecta realizado en especímenes de adobe tradicional. Se evaluaron seis especímenes, con dimensiones de longitud y ancho variables, cuyas áreas se calcularon en centímetros cuadrados. Las cargas de rotura, expresadas en kilonewton (kN) y kilogramo (kg), se aplicaron hasta que cada espécimen alcanzó su límite de resistencia. Los esfuerzos de tracción resultantes, muestran que los valores oscilan entre 1.49 kg/cm<sup>2</sup> y 1.60 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 1.54 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados reflejan una consistencia moderada en la resistencia a tracción de los especímenes evaluados, proporcionando una referencia para la resistencia del adobe tradicional bajo esfuerzos de compresión diametral.

**Tabla 10**

*Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con adobe con 0.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	25/09/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR COMPRESIÓN DIAMETRAL					
<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA - ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especímen N°	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Área (cm)	Carga de rotura (kN-kg)		Esfuerzo de tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.00	9.80	98.00	3.19	325.28	2.11
2	10.00	9.80	98.00	2.98	303.87	1.97
3	10.00	10.00	100.00	3.27	333.44	2.12
4	9.90	9.90	98.01	3.11	317.13	2.06
5	9.80	9.90	97.02	3.22	328.34	2.16
6	9.90	10.00	99.00	3.15	321.21	2.07
PROMEDIO						2.08



Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos con 0.5% de fibra de polipropileno

La tabla 10 muestra los resultados de ensayo de resistencia a tracción indirecta por compresión diametral en especímenes de adobe reforzado con un 0.5% de fibra de polipropileno. Se evaluaron seis especímenes de adobe, todos con dimensiones similares en longitud y ancho, con áreas que rondan entre 97.02 cm<sup>2</sup> y 100.00 cm<sup>2</sup>. Las cargas de rotura, expresadas en kilonewton (kN) y kilogramo (kg), varían entre 2.98 kN (303.87 kg) y 3.27 kN (333.44 kg), con un promedio de esfuerzo de tracción de 2.08 kg/cm<sup>2</sup>. Estos valores indican que la adición fibra de polipropileno incrementa la resistencia al esfuerzo del adobe en comparación con la de fibra de polipropileno. adobe tradicional (cuyo promedio de esfuerzo de tracción fue de 1.54 kg/cm<sup>2</sup> en la tabla anterior), lo que sugiere que este refuerzo incrementa la capacidad del adobe para la resistencia de cargas de tracción sin romperse.

**Tabla 11***Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 1.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	26/09/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR COMPRESIÓN DIAMETRAL					
<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA - ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especímen N°	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Área (cm)	Carga de rotura (kN-kg)		Esfuerzo de tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9.80	9.80	96.04	3.75	382.39	2.54
2	9.90	9.80	97.02	3.78	385.45	2.53
3	9.80	10.00	98.00	3.73	380.35	2.47
4	9.70	10.00	97.00	3.81	388.51	2.55
5	10.00	9.80	98.00	3.86	393.60	2.56
6	10.00	9.90	99.00	3.71	378.31	2.43
PROMEDIO						2.51



Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos con 1.0% de fibra de polipropileno

La tabla 11 muestra los resultados de un ensayo de resistencia a tracción indirecta por compresión diametral en especímenes de adobe reforzado con un 1.0% de fibra de polipropileno. Se probaron seis especímenes con dimensiones de longitud y ancho relativamente consistentes, cuyas áreas varían entre 96.04 cm<sup>2</sup> y 99.00 cm<sup>2</sup>. Las cargas de rotura oscilan entre 3.71 kN (378.31 kg) y 3.86 kN (393.60 kg), con un promedio de esfuerzo de tracción de 2.51 kg/cm<sup>2</sup>. Este promedio de esfuerzo de tracción es superior a los ensayos previos con 0.5% de fibra de polipropileno (2.08 kg/cm<sup>2</sup>) y adobe tradicional sin refuerzo (1.54 kg/cm<sup>2</sup>). Esto indica que la incorporación de una mayor cantidad de fibra de polipropileno (1.0%) mejora significativamente la resistencia del adobe, incrementando su capacidad para resistir esfuerzos de tracción antes de romperse. El uso de la fibra refuerza la estructura del adobe, haciéndolo más resistente y apto para soportar mayores cargas.

**Tabla 12***Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 1.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	26/09/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR COMPRESIÓN DIAMETRAL					
<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA - ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especimen N°	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Área (cm)	Carga de rotura (kN-kg)		Esfuerzo de tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9.90	10.00	99.00	4.67	476.20	3.06
2	10.00	9.80	98.00	4.78	487.42	3.17
3	9.80	9.90	97.02	4.69	478.24	3.14
4	10.00	9.80	98.00	4.72	481.30	3.13
5	10.00	9.90	99.00	4.75	484.36	3.11
6	9.80	10.00	98.00	4.81	490.48	3.19
PROMEDIO						3.13

Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos con 1.5% de fibra de polipropileno

La tabla 12 presenta los resultados de un ensayo de resistencia a tracción indirecta por compresión diametral en especímenes de adobe reforzado con un 1.5% de fibra de polipropileno. Se evaluaron seis especímenes con dimensiones de longitud y ancho que varían ligeramente, con áreas que oscilan entre 97.02 cm<sup>2</sup> y 99.00 cm<sup>2</sup>. Las cargas de rotura varían entre 4.67 kN (476.20 kg) y 4.81 kN (490.48 kg), lo que resulta en un esfuerzo de tracción promedio de 3.13 kg/cm<sup>2</sup>. Comparando este valor con los resultados de los ensayos anteriores (1.542 kg/cm<sup>2</sup> para adobe tradicional, 2.082 kg/cm<sup>2</sup> con 0.5% de fibra de polipropileno y 2.512 kg/cm<sup>2</sup> con 1.0% de fibra), se observa que la adición del 1.5% de fibra de polipropileno mejora considerablemente la resistencia del adobe, alcanzando el valor más alto de esfuerzo de tracción registrado en estos ensayos. Esto indica que el incremento en el porcentaje de fibra aumenta la capacidad del adobe para

soportar mayores esfuerzos de tracción sin romperse, haciendo el material más resistente y adecuado para su uso en construcciones donde la resistencia a la tracción es crítica.

**Tabla 13**

*Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 3.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	12/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR COMPRESIÓN DIAMETRAL					
<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA - ADOBE CON 3.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especímen N°	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Área (cm)	Carga de rotura (kN-kg)		Esfuerzo de tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.00	9.70	97.00	4.05	412.98	2.71
2	10.00	9.60	96.00	4.19	427.25	2.83
3	9.80	10.00	98.00	4.21	429.29	2.79
4	10.00	9.70	97.00	4.33	441.53	2.90
5	9.70	9.80	95.06	4.1	418.08	2.80
6	10.00	9.90	99.00	4.18	426.23	2.74
PROMEDIO						2.80



Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos con 3.0% de fibra de polipropileno

La tabla 13 exhibe el experimento de resistencia a la tracción indirecta a través de la compresión diametral, se realizó en especímenes de adobe reforzados con un 3.0% de fibra de polipropileno. Los especímenes presentan dimensiones de longitud y ancho cercanas a los 10 cm, generando áreas de contacto entre 95.06 y 99.00 cm<sup>2</sup>. Las cargas de rotura varían entre 4.05 y 4.33 kN, y el esfuerzo de tracción resultante se sitúa en un rango de 2.71 a 2.90 kg/cm<sup>2</sup>. El promedio de esfuerzo de tracción obtenido para todos los especímenes fue de 2.80 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica una resistencia media de los especímenes de adobe con fibra de polipropileno en este tipo de ensayo.

**Tabla 14***Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 5.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	12/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR COMPRESIÓN DIAMETRAL					
						
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA - ADOBE CON 5.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO						
Espécimen N°	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Área (cm)	Carga de rotura (kN-kg)		Esfuerzo de tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.00	9.90	99.00	3.54	360.97	2.32
2	9.70	9.60	93.12	3.73	380.35	2.60
3	10.00	9.70	97.00	3.41	347.72	2.28
4	9.80	10.00	98.00	3.95	402.78	2.62
5	10.00	9.80	98.00	3.83	390.55	2.54
6	9.80	9.60	94.08	3.48	354.86	2.40
PROMEDIO						2.46

Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos con 5.0% de fibra de polipropileno

La tabla 14 presenta el ensayo experimental para determinar la resistencia a la tracción indirecta mediante compresión diametral en pedazos de adobe con un 5.0% de fibra de polipropileno; refleja que las muestras presentan variaciones en sus dimensiones, con longitudes de entre 9.70 y 10.00 cm y anchos entre 9.60 y 10.00 cm, resultando en áreas de contacto de 93.12 a 99.00 cm<sup>2</sup>. Las cargas de rotura obtenidas oscilan entre 3.41 y 3.95 kN, y el esfuerzo de tracción resultante varía de 2.28 a 2.62 kg/cm<sup>2</sup>. El esfuerzo de tracción promedio calculado para estos especímenes es de 2.46 kg/cm<sup>2</sup>. Esto indica que el adobe reforzado con 5.0% de fibra de polipropileno mejora su resistencia a la tracción indirecta, proporcionando una resistencia uniforme que ayuda a contrarrestar las tensiones bajo cargas de compresión.

**Tabla 15***Ensayo de resistencia a la tracción indirecta con 7.0% de fibra de polipropileno*

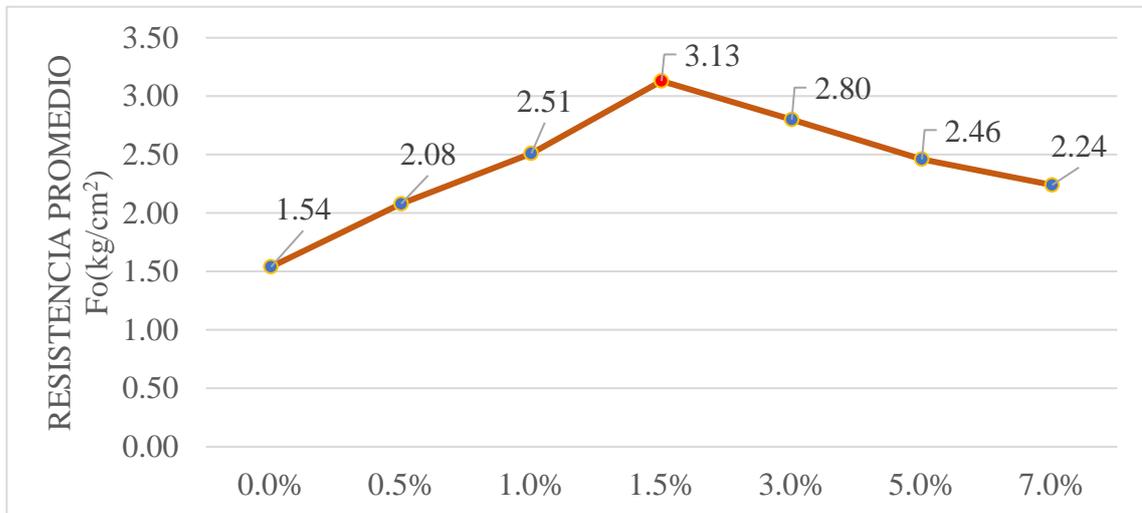
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	12/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR COMPRESIÓN DIAMETRAL					
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA - ADOBE CON 7.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO						
Especimen N°	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kN-kg)		Esfuerzo de tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9.80	9.70	95.06	3.22	328.34	2.20
2	9.80	10.00	98.00	3.98	405.84	2.64
3	10.00	9.90	99.00	2.85	290.61	1.87
4	9.90	10.00	99.00	3.16	322.23	2.07
5	9.90	10.00	99.00	3.29	335.48	2.16
6	10.00	9.90	99.00	3.81	388.51	2.50
PROMEDIO						2.24

Nota: Realizado en el laboratorio de mecánica de suelos con 7.0% de fibra de polipropileno

La tabla 15 muestra el ensayo de resistencia a tracción indirecta mediante compresión diametral en muestras de especímenes con un 7.0% de fibra de polipropileno. Muestra una variabilidad en las dimensiones de los especímenes, con longitudes de entre 9.80 y 10.00 cm y anchos de entre 9.70 y 10.00 cm, resultando en áreas de contacto de entre 95.06 y 99.00 cm<sup>2</sup>. Las cargas de rotura registradas oscilan entre 2.85 y 3.98 kN, mientras que el esfuerzo de tracción varía de 1.87 a 2.64 kg/cm<sup>2</sup>. El esfuerzo de tracción promedio para estos especímenes es de 2.24 kg/cm<sup>2</sup>. Esto indica que el aumento del contenido de fibra de polipropileno a un 7.0% no necesariamente incrementa la resistencia a la tracción, mostrando un valor promedio ligeramente inferior al de otros porcentajes menores, lo que podría sugerir una saturación o un efecto negativo en la cohesión del material debido al exceso de fibra.

**Figura 35**

*Resultados de resistencia a la tracción con % de fibra de polipropileno*



Nota: Elaboración propia

La figura 35 muestra los resultados de la resistencia a tracción con fibra de polipropileno. Se obtuvo que hay una mayor resistencia en el adobe con 1.5% de fibra de polipropileno, teniendo una resistencia de 3.13 (kg/cm<sup>2</sup>) que, en comparación con los resultados del adobe tradicional, tiene 1.54 (kg/cm<sup>2</sup>) de resistencia, por lo que el uso del 1.5% de fibra de polipropileno en el adobe mejora su resistencia y alcanza el objetivo propuesto de acuerdo a los resultados de los ensayos en laboratorio. Si se aumenta más cantidad de fibra, reduce la resistencia a la compresión del adobe.

## Resistencia a la compresión

**Tabla 16**

*Ensayo de resistencia a la compresión del adobe tradicional*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	08/12/2023					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE TRADICIONAL						
Espécimen N°	Carga máxima (kN)	Carga máxima (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'm (kg/cm <sup>2</sup> )
1	12.77	1302.16	9.90	10.00	99.00	13.15
2	9.68	986.87	10.00	10.00	100.00	9.87
3	11.19	1141.04	10.00	10.00	100.00	11.41
4	10.82	1103.32	9.80	9.90	97.02	11.37
5	10.55	1075.78	9.70	9.90	96.03	11.20
6	14.93	1522.41	10.00	9.90	99.00	15.38
Promedio						12.06

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 16 exhibe los hallazgos del experimento de resistencia a compresión realizado en el adobe convencional, los cuales indican la carga máxima soportada por cada espécimen, así como las dimensiones y el área de cada muestra. La carga máxima varía entre 9.68 kN y 14.93 kN, con una carga extrema (máxima) promedio de 12.06 kN. Las dimensiones de las muestras oscilan en longitud y ancho, con un área promedio de 99.84 cm<sup>2</sup>. La resistencia a la compresión promedio calculada es de 12.06 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia que excede el valor de la mínima resistencia necesaria para la compresión de una unidad de adobe.

**Tabla 17***Ensayo de resistencia a la compresión con adobe con 0.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	08/12/2023					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Espécimen N°	Carga máxima (kN)	Carga máxima (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'm (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.40	1570.34	9.80	9.70	95.06	16.52
2	10.30	1050.29	9.80	10.00	98.00	10.72
3	8.40	856.55	10.00	9.90	99.00	8.65
4	11.10	1131.87	9.90	10.00	99.00	11.43
5	12.40	1264.43	9.90	10.00	99.00	12.77
6	15.00	1529.55	10.00	9.90	99.00	15.45
Promedio						12.59

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 17 muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión en el adobe con un 0.5 % de fibra de polipropileno, donde se indica la carga máxima soportada por cada espécimen, así como las dimensiones y el área de cada muestra. La carga máxima varía entre 8.40 kN y 15.4 kN, con una carga extrema (máxima) promedio de 12.59 kN. Las dimensiones de las muestras oscilan en longitud y ancho, con un área promedio de 97.43 cm<sup>2</sup>. La resistencia a compresión promedio calculada es de 12.59 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 18***Ensayo de resistencia a la compresión con adobe con 1.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	13/12/2023					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO						
Espécimen N°	Carga máxima (kN)	Carga máxima (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'm (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.00	1529.55	9.80	9.70	95.06	16.09
2	11.20	1142.06	9.90	9.60	95.04	12.02
3	10.90	1111.47	9.80	9.70	95.06	11.69
4	12.60	1284.82	9.70	10.00	97.00	13.25
5	12.30	1254.23	10.00	9.80	98.00	12.80
6	12.90	1315.41	9.60	9.60	92.16	14.27
Promedio						13.35

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 18 muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión en el adobe con un 1.0% de fibra de polipropileno. Se indica la carga máxima soportada por cada espécimen, así como las dimensiones y el área de cada muestra. La carga máxima varía entre 10.90 kN y 15 kN, con una carga máxima promedio de 13.35 kN. Las dimensiones de las muestras oscilan en longitud y ancho, con un área promedio de 95.94 cm<sup>2</sup>. La resistencia a la compresión promedio es de 13.35 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que es más alta que la resistencia mínima necesaria para una unidad de adobe.

**Tabla 19***Ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA							
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ						
FECHA:	13/12/2023						
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO							
Espécimen N°	Carga máxima (kN)	Carga máxima (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	F <sup>m</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	16.50	1682.51	9.90	9.80	97.02	17.34	
2	14.24	1452.05	10.00	9.60	96.00	15.13	
3	14.63	1491.82	9.80	10.00	98.00	15.22	
4	17.71	1805.89	10.00	9.70	97.00	18.62	
5	17.97	1832.40	9.70	9.80	95.06	19.28	
6	12.49	1273.61	10.00	9.90	99.00	12.87	
PROMEDIO						16.41	

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 19 muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión en el adobe con un 1.5% de fibra de polipropileno. Donde se indica la carga máxima aplicada por cada espécimen, así como las dimensiones y el área de cada muestra, varía entre 12.49 kN y 17.97 kN, con una carga máxima promedio de 16.41 kN. Las dimensiones de las muestras oscilan entre ancho y longitud, con un área promedio de 97.68 cm<sup>2</sup>. La resistencia a compresión promedio calculada es de 16.41 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia que es superior al valor de la resistencia mínima requerida para la compresión de una unidad de adobe, pero más alta que el resultado del adobe tradicional.

**Tabla 20***Ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	12/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 3.0 % DE FIBRA DE POLIPROPILENO						
Especimen N°	Carga máxima (kN)	Carga máxima (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'm (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23.22	2367.74	9.90	10.00	99.00	23.92
2	21.91	2234.16	9.80	9.90	97.02	23.03
3	24.63	2511.52	10.00	9.80	98.00	25.63
4	20.47	2087.33	9.70	10.00	97.00	21.52
5	24.52	2500.30	9.90	9.90	98.01	25.51
6	21.74	2216.83	9.80	10.00	98.00	22.62
PROMEDIO						23.70

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 20 muestra el ensayo de resistencia a compresión en especímenes de adobe con un 3.0% de fibra de polipropileno; indica que los especímenes soportan cargas máximas que varían entre 20.47 y 24.63 kN, equivalentes a cargas en kilogramos de 2087.33 a 2511.52 kg. Las dimensiones de los especímenes muestran una ligera variabilidad, con largos y anchos de entre 9.7 y 10 cm, lo que genera áreas de compresión de entre 97.00 y 99.00 cm<sup>2</sup>. Los valores de esfuerzo de compresión (f'm) obtenidos oscilan entre 21.52 y 25.63 kg/cm<sup>2</sup>, con un valor promedio de 23.70 kg/cm<sup>2</sup>. Esto muestra que el adobe reforzado con un 3.0% de fibra de polipropileno presenta una resistencia a compresión moderada, lo cual mejora su capacidad de soportar cargas, aportando estabilidad adicional al material debido al refuerzo con fibra de polipropileno.

**Tabla 21***Ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	12/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 5.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especimen N°	Carga máxima (kN)	Carga máxima (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'm (kg/cm <sup>2</sup> )
1	17.65	1799.77	10.00	9.90	99.00	18.18
2	18.14	1849.74	10.00	9.60	96.00	19.27
3	17.36	1770.20	9.70	10.00	97.00	18.25
4	19.18	1955.78	10.00	9.70	97.00	20.16
5	18.79	1916.02	9.90	10.00	99.00	19.35
6	18.54	1890.52	10.00	9.90	99.00	19.10
PROMEDIO						19.05

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 21 muestra el ensayo de resistencia a compresión en especímenes de adobe con un 5.0% de fibra de polipropileno, donde las cargas máximas soportadas por los especímenes varían entre 17.36 y 19.18 kN, lo que equivale a 1770.20 a 1955.78 kg. Las dimensiones de los especímenes, con largos de 9.70 a 10.00 cm y anchos de 9.60 a 10.00 cm, generan áreas de compresión de 96.00 a 99.00 cm<sup>2</sup>. Los esfuerzos de compresión (f'm) obtenidos oscilan entre 18.18 y 20.16 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 19.05 kg/cm<sup>2</sup>. Esto sugiere que, al aumentar el contenido de fibra de polipropileno a un 5.0%, la resistencia a compresión del adobe disminuye ligeramente en comparación con el contenido de 3.0%, lo que indica que un porcentaje mayor de fibra no necesariamente mejora la capacidad de compresión y afecta negativamente la cohesión del material.

**Tabla 22***Ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno*

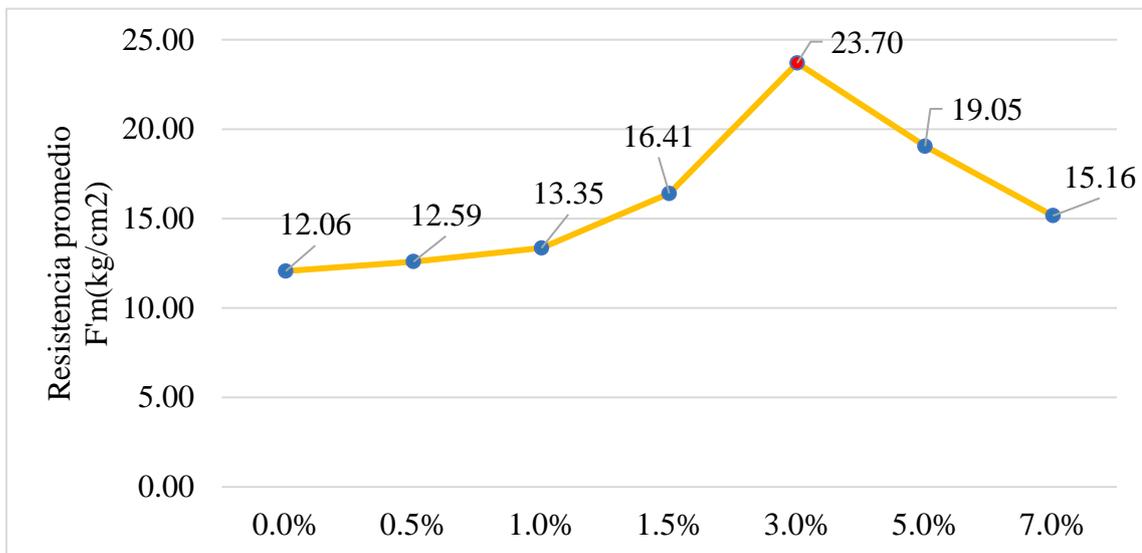
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	12/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - ADOBE CON 7.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especimen N°	Carga máxima (kn)	Carga máxima (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'm (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.54	1482.64	9.70	10.00	97.00	15.28
2	14.27	1455.11	9.90	9.70	96.03	15.15
3	13.99	1426.56	10.00	9.90	99.00	14.41
4	14.82	1511.20	9.80	10.00	98.00	15.42
5	14.69	1497.94	10.00	9.60	96.00	15.60
6	14.51	1479.58	10.00	9.80	98.00	15.10
PROMEDIO						15.16

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 22 presenta el ensayo de resistencia a compresión en especímenes de adobe con un 7.0% de fibra de polipropileno. Revela que las cargas máximas soportadas por los especímenes varían de 13.99 a 14.82 kN, equivalentes a 1426.56 a 1511.20 kg. Las dimensiones de los especímenes, con largos de 9.7 a 10 cm y anchos de 9.6 a 10 cm, generan áreas de compresión entre 96.00 y 99.00 cm<sup>2</sup>. Los esfuerzos de compresión (f'm) obtenidos están en el rango de 14.41 a 15.60 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 15.16 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados sugieren que un aumento al 7.0% de fibra de polipropileno en el adobe reduce la resistencia a compresión en comparación con porcentajes menores de fibra, como el 3.0% y el 5.0%. Esto indica que una mayor cantidad de fibra afecta negativamente la cohesión y la integridad estructural del material, disminuyendo su capacidad de soportar cargas de compresión.

**Figura 36**

*Resultados de resistencia a la compresión con % de fibra de polipropileno*



Nota: Elaboración propia

La figura 36 muestra los resultados de la resistencia a compresión con fibra de polipropileno. Se obtuvo que hay una mayor resistencia en el adobe con 3.0% de fibra de polipropileno, teniendo una resistencia de 23.70 kg/cm<sup>2</sup> que, en comparación con los resultados del adobe tradicional, tiene 12.06 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, por lo que el uso del 3.0% de fibra de polipropileno en el adobe mejora su resistencia y alcanza el objetivo propuesto de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio. Si se aumenta más cantidad de fibra, esta adición reduce la resistencia a compresión del adobe.

## Resistencia a la flexión

**Tabla 23**

*Ensayo de resistencia a la flexión del adobe tradicional*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	13/12/2023					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE TRADICIONAL</b>						
Espécimen N°	Ancho	Altura (cm)	Largo (cm)	Longitud de poyos (l)	Carga (kg)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.00	10.00	28.70	25	272	7.29
2	14.60	9.80	29.00	25	265	7.09
3	14.50	9.60	29.20	25	276	7.75
4	13.90	10.00	28.50	25	271	7.31
5	14.00	9.80	29.00	25	268	7.48
6	13.80	10.00	28.70	25	275	7.47
Promedio						7.40

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 23 muestra los resultados del ensayo de resistencia a flexión en el adobe tradicional, indicando las características de flexión de cada espécimen, incluyendo ancho, altura, largo, longitud de apoyos y carga aplicada. Las dimensiones de los especímenes varían ligeramente en ancho, altura y largo, con cargas aplicadas que oscilan entre 265 kg y 276 kg. El esfuerzo de flexión promedio calculado es de 7.40 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 24**

*Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 0.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	15/12/2023					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especimen N°	Ancho	Altura (cm)	Largo (cm)	Longitud de poyos (l)	Carga (kg)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.00	10.00	29.00	25	330	8.84
2	13.50	9.70	28.80	25	320	9.45
3	14.00	10.00	28.70	25	350	9.38
4	14.00	9.80	28.00	25	338	9.43
5	13.70	10.00	29.00	25	331	9.06
6	13.80	9.90	29.00	25	332	9.20
Promedio						9.23

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 24 muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión en el adobe con un 0.5 % de fibra de polipropileno, indicando las características de flexión de cada espécimen. Las dimensiones de los especímenes varían ligeramente en ancho, altura y largo, con cargas aplicadas que oscilan entre 320 kg y 350 kg. El esfuerzo de flexión promedio calculado es de 9.23 kg/cm<sup>2</sup>, que es más alto que el resultado promedio del adobe tradicional, siendo así mayor en un 24.73 % respecto al adobe tradicional.

**Tabla 25***Ensayo de resistencia a flexión del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	19/12/2023					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO						
Especimen N°	Ancho	Altura (cm)	Largo (cm)	Longitud de poyos (l)	Carga (kg)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.80	9.80	29.00	25	355	9.37
2	14.90	9.90	28.70	25	366	9.40
3	15.00	9.90	29.00	25	360	9.18
4	14.40	10.00	29.00	25	356	9.27
5	14.60	10.00	29.20	25	358	9.20
6	14.80	10.00	28.90	25	360	9.12
Promedio						9.26

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 25 muestra los resultados del ensayo de resistencia a flexión en el adobe con un 1.0% de fibra de polipropileno, indicando las características de flexión de cada espécimen. Los especímenes tienen diferentes anchos, alturas y largos con cargas aplicadas que oscilan entre 355 kg y 366 kg. El esfuerzo de flexión promedio calculado es de 9.26 kg/cm<sup>2</sup> que, a comparación de los adobes con 0.5% de fibra de polipropileno, supera en 0.33% la resistencia a la flexión. Con respecto a la resistencia promedio del adobe tradicional de 7.40 kg/cm<sup>2</sup>, el adobe con 1.00% de fibra de polipropileno supera en un 25.14% la resistencia a flexión.

**Tabla 26***Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	21/12/2023					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Espécimen N°	Ancho	Altura (cm)	Largo (cm)	Longitud de poyos (l)	Carga (kg)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.00	9.90	28.50	25	372	9.49
2	14.60	9.80	28.50	25	380	10.16
3	14.70	10.00	28.20	25	395	10.08
4	14.90	9.80	28.40	25	388	10.17
5	14.60	10.00	29.00	25	385	9.89
6	14.80	10.00	28.70	25	389	9.86
Promedio						9.94

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 26 muestra los resultados del ensayo de resistencia a flexión en el adobe con un 1.5% de fibra de polipropileno, donde se presentan las características de flexión de cada espécimen. Las dimensiones de los especímenes varían ligeramente en ancho, altura y largo, con cargas aplicadas que oscilan entre 372 kg y 395 kg. El esfuerzo de flexión promedio calculado es de 9.94 kg/cm<sup>2</sup>, que en comparación con los adobes con 1.0% de fibra de polipropileno, supera en 7.39% la resistencia a flexión. Con respecto a la resistencia promedio del adobe tradicional de 7.40 kg/cm<sup>2</sup>, el adobe con 1.5% de fibra de polipropileno supera en un 34.40% la resistencia a flexión.

**Tabla 27**

*Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	11/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 3.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especimen N°	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Longitud de poyos (L)	Carga (kg)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.50	10.00	29.00	25	421	10.89
2	14.80	10.00	29.60	25	439	11.12
3	14.70	9.80	28.70	25	465	12.35
4	14.60	9.70	29.40	25	458	12.50
5	14.80	9.80	28.80	25	447	11.79
6	14.90	10.00	28.60	25	432	10.87
PROMEDIO						11.59

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 27 muestra los resultados de un ensayo de resistencia a flexión de adobe reforzado con 3.0% de fibra de polipropileno, realizado en el laboratorio de mecánica de suelos. Se evaluaron seis especímenes con dimensiones y características similares (ancho, altura y largo) y una longitud de apoyos constante de 25 cm. La carga aplicada varía entre 421 y 465 kg, resultando en diferentes valores de esfuerzo de flexión para cada espécimen, que oscilan entre 10.87 y 12.50 kg/cm<sup>2</sup>. El valor promedio del esfuerzo de flexión obtenido es de 11.59 kg/cm<sup>2</sup>, indicando la resistencia media del material a la flexión bajo las condiciones del ensayo.

**Tabla 28**

*Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	11/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 5.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
Especimen N°	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Longitud de poyos (L)	Carga (kg)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.80	9.80	29.10	25	491	12.95
2	14.60	10.00	29.30	25	524	13.46
3	15.00	9.90	28.50	25	498	12.70
4	14.70	10.00	28.70	25	510	13.01
5	14.90	9.80	29.60	25	495	12.97
6	14.80	9.70	28.80	25	488	13.14
PROMEDIO						13.04

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 28 muestra los resultados de un ensayo de resistencia a flexión de adobe con un refuerzo de 5.0% de fibra de polipropileno, realizado en el laboratorio de mecánica de suelos. Se evaluaron seis especímenes con dimensiones similares, en los cuales se aplicaron cargas que oscilan entre 488 y 524 kg. Estas cargas generaron esfuerzos de flexión que varían entre 12.70 y 13.46 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 13.04 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor promedio sugiere que el uso de un 5.0% de fibra de polipropileno contribuye a una mejora significativa en la resistencia a flexión del adobe, en comparación con especímenes con menores porcentajes de fibra.

**Tabla 29**

*Ensayo de resistencia a la flexión del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno*

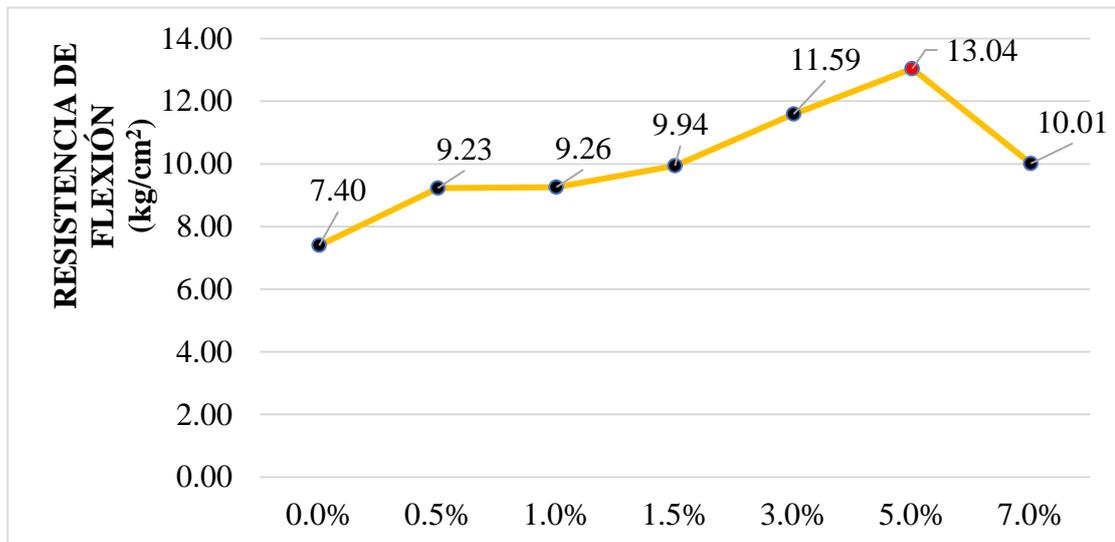
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO						
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA						
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ					
FECHA:	11/11/2024					
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN - ADOBE CON 7.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO						
Especímen N°	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Longitud de poyos (L)	Carga (kg)	Esfuerzo de flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.90	9.60	29.60	25	365	9.97
2	15.00	9.80	29.40	25	372	9.68
3	14.70	10.00	28.30	25	409	10.43
4	14.80	9.90	28.90	25	415	10.73
5	14.90	10.00	29.10	25	381	9.59
6	15.00	10.00	29.00	25	386	9.65
PROMEDIO						10.01

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 29 presenta los resultados de un ensayo de resistencia a flexión realizado en especímenes de adobe reforzados con 7% de fibra de polipropileno. Se evaluaron seis especímenes, midiendo el ancho, la altura, el largo y la longitud entre los apoyos. Las cargas aplicadas varían entre 365 kg y 415 kg, obteniéndose valores de esfuerzo de flexión entre 9.59 kg/cm<sup>2</sup> y 10.73 kg/cm<sup>2</sup>. El esfuerzo de flexión promedio fue de 10.01 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados indican que la inclusión de fibra de polipropileno contribuye a mejorar la resistencia del adobe, permitiendo evaluar la eficacia del refuerzo en términos de resistencia a flexión.

**Figura 37**

*Resultados de la resistencia a la flexión con adobe*



Nota: Elaboración propia

La figura 37 muestra los resultados al poner a prueba la resistencia a flexión del adobe. Se pudo observar que hay mayor prevalencia de flexibilidad en adobe con 5.0% de fibra de polipropileno, teniendo una flexibilidad de 13.04 (kg/cm<sup>2</sup>), puesto que es mejor que la flexibilidad en un adobe tradicional. El uso de un 5.0% de fibra de polipropileno mejora la flexibilidad del adobe y es suficiente para garantizar su resistencia. Como se observa, al añadir más fibra, la resistencia disminuye.

## Variabilidad dimensional

**Tabla 30**

*Ensayo de variabilidad dimensional de adobe con 0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA												
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ											
FECHA:	01/12/2023											
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS											
ENSAYO:	VARIABILIDAD DIMENSIONAL											
												
VARIABILIDAD DIMENSIONAL - ADOBE CON 0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO												
ESPÉCIMEN	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
N°	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	28.50	28.30	28.40	28.50	14.00	14.00	14.00	14.30	10.00	9.50	10.00	9.70
2	28.40	28.00	28.00	28.00	14.00	14.00	14.00	14.00	9.00	9.00	9.00	9.50
3	29.00	29.00	28.50	28.50	14.00	14.00	14.20	14.00	9.90	8.80	8.80	9.00
4	28.20	28.40	28.50	28.50	14.00	14.00	14.00	14.00	8.50	8.50	9.00	9.00
5	28.50	28.00	28.00	28.50	13.50	13.50	14.00	14.00	9.50	9.50	9.50	9.80
6	28.00	27.50	28.40	28.00	13.50	13.70	14.20	14.10	9.00	9.00	9.50	9.00
Dimensión Promedio Parcial	28.43	28.20	28.30	28.33	13.83	13.87	14.07	14.07	9.32	9.05	9.30	9.33
Dimensión Promedio Total			28.32				13.96			9.25		
Dimensión Nominal			30.00				15.00			10.00		
Variación Dimensional (V%)			5.61				6.94			7.50		

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 30 muestra los resultados del ensayo de variabilidad dimensional en el adobe sin fibra de polipropileno. Se indican las dimensiones obtenidas en diferentes puntos de cada espécimen. El promedio parcial de las dimensiones muestra que la longitud promedio es de 28.32 cm, el ancho promedio es de 13.96 cm y la altura promedio es de 9.25 cm. La variación dimensional de la dimensión del diseño con respecto a la dimensión promedio es de 5.61% respecto a la longitud, 6.94% respecto al ancho y 7.50% respecto a la altura. La comparación con las dimensiones nominales establece la desviación y la calidad del proceso de fabricación.

**Tabla 31***Ensayo de variabilidad dimensional de adobe con 0.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA												
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ											
FECHA:	01/12/2023											
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS											
ENSAYO:	VARIABILIDAD DIMENSIONAL											
<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL - ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>												
ESPÉCIMEN	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
N°	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	28.50	28.60	28.50	28.70	14.00	14.50	14.50	14.50	9.10	9.00	9.10	9.20
2	29.00	29.20	29.00	29.00	14.00	14.00	14.50	14.00	9.50	9.00	9.50	9.50
3	29.00	28.50	29.00	29.00	13.50	14.00	14.50	14.00	9.00	9.30	9.50	9.00
4	28.50	28.50	29.00	28.70	13.50	14.00	14.50	14.50	9.80	10.00	9.00	9.50
5	29.00	29.00	28.50	28.50	14.00	14.00	14.30	14.00	9.00	9.00	9.00	9.00
6	28.50	29.20	29.00	28.50	14.50	14.00	14.00	14.40	9.50	9.40	9.60	9.20
Dimensión Promedio parcial	28.75	28.83	28.83	28.73	13.92	14.08	14.38	14.23	9.32	9.28	9.28	9.23
Dimensión promedio total		28.79				14.15			9.28			
Dimensión nominal		30.00				15.00			10.00			
Variación dimensional (V%)		4.04				5.64			7.21			

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 31 muestra los resultados obtenidos de ensayo de variabilidad dimensional en el adobe con un 0.5% de fibra de polipropileno. Se indican las dimensiones obtenidas en diferentes puntos de cada espécimen. El promedio parcial de las dimensiones muestra que la longitud es de 28.79 cm, el ancho es de 14.15 cm, y la altura es de 9.28 cm. La variación dimensional del diseño con respecto al promedio es de 4.04% respecto a la longitud, 5.64% respecto al ancho y 7.21% respecto a la altura; la comparación establece la desviación y la calidad del proceso de fabricación con las dimensiones nominales.

**Tabla 32***Ensayo de variabilidad dimensional de adobe con 1.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA												
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ											
FECHA:	01/12/2023											
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS											
ENSAYO:	VARIABILIDAD DIMENSIONAL											
<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL - ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>												
ESPÉCIMEN	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
N°	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	29.00	28.50	29.00	29.00	14.20	14.00	14.50	14.50	9.00	9.00	9.00	9.00
2	28.90	28.90	29.20	29.00	14.00	14.00	14.50	14.50	9.00	9.30	9.20	9.20
3	28.90	29.00	29.00	28.90	14.30	14.00	14.50	14.30	9.50	9.20	10.00	9.5
4	29.00	29.20	29.00	29.40	14.20	14.50	14.40	14.60	9.80	9.90	9.80	9.90
5	29.50	29.50	29.00	29.30	14.20	14.00	14.30	14.60	9.50	9.50	9.50	9.20
6	29.30	29.00	29.30	29.00	14.00	14.10	14.50	14.50	10.00	10.00	10.00	10.00
Dimensión Promedio parcial	29.10	29.02	29.08	29.10	14.15	14.10	14.45	14.50	9.47	9.48	9.58	9.46
Dimensión Promedio total		29.08				14.30			9.50			
Dimensión nominal		30.00				15.00			10.00			
Variación dimensional (V%)		3.08				4.67			5.02			

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 32 muestra los resultados del ensayo de variabilidad dimensional en el adobe con un 1.0% de fibra de polipropileno. Se indican las dimensiones obtenidas en diferentes puntos de cada espécimen. El promedio parcial de las dimensiones muestra la longitud de 29.08 cm, el ancho de 14.30 cm y la altura de 9.50 cm. La variación dimensional de la dimensión del diseño con respecto a la dimensión promedio, la comparación con las dimensiones nominales indica la desviación y la calidad del proceso de fabricación, que es del 3,08% en longitud, 4,67% en ancho y 5,02% en altura. La mayor variación dimensional del 7.50% en el adobe tradicional implica un mayor espesor de las juntas, lo que reduce la resistencia a compresión del muro de albañilería.

**Tabla 33**

*Ensayo de variabilidad dimensional de adobe con 1.5% de fibra de polipropileno Puno, 2023*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA												
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ											
FECHA:	01/12/2023											
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS											
ENSAYO:	VARIABILIDAD DIMENSIONAL											
<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL - ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>												
ESPÉCIMEN	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
N°	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	29.20	29.00	29.20	29.40	14.30	14.00	14.30	14.50	9.30	9.70	10.00	10.00
2	29.00	29.30	29.00	29.20	14.50	14.40	14.50	14.50	9.50	9.90	10.00	10.00
3	29.40	29.00	29.00	29.20	13.90	14.00	14.00	14.40	10.00	10.00	10.00	10.00
4	29.20	29.40	29.00	29.00	14.50	14.10	14.10	14.60	9.50	10.00	10.00	9.90
5	29.00	29.00	29.30	29.20	14.40	14.50	14.00	14.70	9.90	10.00	10.00	9.90
6	29.30	29.20	29.40	29.30	14.20	14.20	14.50	14.70	9.90	9.90	9.80	9.70
Dimensión Promedio Parcial	29.18	29.15	29.15	29.22	14.30	14.20	14.23	14.57	9.68	9.92	9.97	9.92
Dimensión Promedio Total		29.18				14.33				9.87		
Dimensión Nominal		30.00				15.00				10.00		
Variación Dimensional (V%)		2.75				4.50				1.29		

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 33 muestra los resultados del ensayo de variabilidad dimensional en el adobe con un 1.5% de fibra de polipropileno. Se indican las dimensiones obtenidas en diferentes puntos de cada espécimen. El promedio parcial de las dimensiones muestra que la longitud es de 29.18 cm, el ancho es de 14.33 cm y la altura es de 9.87 cm. La variación dimensional de la dimensión del diseño con respecto a la dimensión promedio es de 2.75% respecto a la longitud, 4.50% respecto al ancho y 1.29% respecto a la altura; la comparación con las dimensiones nominales determina la desviación y la calidad del proceso de elaboración.

## Alabeo

### Tabla 34

*Ensayo de alabeo con adobe tradicional*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA				
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ			
FECHA:	01/12/2023			
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
ENSAYO:	ALABEO			
ALABEO - ADOBE TRADICIONAL				
ESPÉCIMEN	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	Nº	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO	CÓNCAVO (mm)
1	4.20	0.00	2.50	0.20
2	4.50	0.60	2.00	0.80
3	4.00	0.80	3.50	1.00
4	3.80	0.50	2.00	0.50
5	4.40	0.00	2.50	0.40
6	4.00	0.40	2.00	0.80
PROMEDIO (mm)	4.15	0.38	2.42	0.62
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		3.28		
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		0.50		
ALABEO PROMEDIO (mm)		1.89		

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 34 muestra los resultados del ensayo de alabeo en el adobe tradicional. Se presentan las deformaciones observadas en las caras cóncavas y convexas de los especímenes. En la cara cóncava, los valores oscilan entre 3.80 mm y 4.50 mm, mientras que, en la cara convexa, las variaciones van desde 0 mm hasta 0.80 mm. El promedio general indica que la cara cóncava tiene un alabeo promedio de 3.28 mm, mientras que la cara convexa presenta un alabeo promedio de 0.50 mm. Estos resultados sugieren que, en promedio, la cara cóncava tiende a deformarse más que la convexa, presentando un alabeo de 1.89 mm.

**Tabla 35***Ensayo de alabeo con adobe con 0.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA				
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ			
FECHA:	04/12/2023			
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
ENSAYO:	ALABEO			
<b>ALABEO - ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>				
ESPÉCIMEN	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	Nº	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO CONVEXO
1	4.60	0.25	2.20	0.20
2	3.80	0.65	1.50	0.25
3	4.00	0.25	2.80	0.50
4	4.50	0.45	2.00	0.50
5	3.50	0.10	2.60	0.30
6	3.00	0.30	2.00	0.30
PROMEDIO (mm)	3.90	0.33	2.18	0.34
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		3.04		
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		0.34		
ALABEO PROMEDIO (mm)		1.69		

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 35 muestra los resultados obtenidos del ensayo de alabeo en el adobe con un 0.5% de fibra de polipropileno, indicando las deformaciones observadas en las caras cóncavas y convexas de los especímenes modificados. En la cara cóncava, los valores oscilan entre 3 mm y 4.6 mm, mientras que, en la cara convexa, las variaciones van desde 0.1 mm hasta 0.65 mm. El promedio general muestra que la cara cóncava tiene un alabeo promedio de 3.04 mm, mientras que la cara convexa presenta un alabeo promedio de 0.34 mm, presentando un alabeo de 1.69 mm. En comparación con los resultados del adobe tradicional sin fibra de polipropileno, estos datos sugieren que la incorporación de un 0.5% de fibra de polipropileno tiene un efecto positivo en la reducción del alabeo con una reducción de 10.58%.

**Tabla 36***Ensayo de alabeo con adobe con 1.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA				
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ			
FECHA:	04/12/2023			
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
ENSAYO:	ALABEO			
<b>ALABEO - ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>				
ESPÉCIMEN N°	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
1	4.50	0.65	2.30	0.55
2	4.00	0.50	2.00	0.45
3	4.80	0.75	2.50	0.25
4	3.50	0.40	1.80	0.35
5	4.20	0.95	1.50	0.55
6	4.00	0.65	1.00	0.40
PROMEDIO (mm)	4.17	0.65	1.85	0.43
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		3.01		
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		0.54		
ALABEO PROMEDIO (mm)		1.77		

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 36 muestra los resultados del ensayo de alabeo en el adobe con un 1.0% de fibra de polipropileno, en la cara cóncava. Los valores oscilan entre 3.50 mm y 4.80 mm, mientras que, en la cara convexa, las variaciones van desde 0.40 mm hasta 0.95 mm. El promedio general muestra que la cara cóncava tiene un alabeo promedio de 3.01 mm, mientras que la cara convexa presenta un alabeo promedio de 0.54 mm, presentando un alabeo de 1.77 mm. En comparación con los resultados del adobe tradicional sin fibra de polipropileno, estos datos sugieren que la incorporación de un 1.0% de fibra de polipropileno tiene un efecto positivo en la reducción del alabeo con una reducción de 6.35%.

**Tabla 37***Ensayo de alabeo con adobe con 1.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA				
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ			
FECHA:	04/12/2023			
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
ENSAYO:	ALABEO			
ALABEO - ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO				
ESPÉCIMEN	CATEGORÍA SUPERIOR		CATEGORÍA INFERIOR	
	Nº	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO
1	3.50	0.20	1.00	0.10
2	4.50	0.45	1.50	0.15
3	4.20	0.85	1.50	0.15
4	3.50	0.35	2.00	0.30
5	3.00	0.75	2.20	0.25
6	3.20	0.65	1.80	0.35
PROMEDIO (mm)	3.65	0.54	1.67	0.22
CONCAVIDAD		2.66		
PROMEDIO (mm)		0.38		
CONVEXIDAD				
PROMEDIO (mm)				
ALABEO PROMEDIO (mm)		1.52		

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 37 muestra los resultados del ensayo de alabeo en el adobe con un 1.5% de fibra de polipropileno, indicando las deformaciones observadas en las caras cóncavas y convexas de los especímenes modificados. En la cara cóncava, los valores oscilan entre 3 mm y 4.50 mm, mientras que, en la cara convexa, las variaciones van desde 0.15 mm hasta 0.85 mm. El promedio general muestra que la cara cóncava tiene un alabeo de 2.66 mm, mientras que la cara convexa presenta un alabeo de 0.38 mm, presentando un alabeo de 1.52 mm. Estos resultados sugieren que la incorporación de un 1.5% de fibra de polipropileno tiene un efecto positivo en la reducción del alabeo con una reducción de 19.58%. Por lo tanto, los adobes elaborados se pueden observar que tienen el mayor porcentaje de absorción con 1.5% de fibra de polipropileno, superando así al adobe tradicional.

## Ensayo de absorción

**Tabla 38**

*Ensayo de absorción del adobe con 0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA								
RESPONSABLE:		NELY ROXANA TICONA GOMEZ						
FECHA:		06/12/2023						
LUGAR:		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO:		ABSORCIÓN						
ABSORCIÓN DEL ADOBE CON 0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO								
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	
Wsec	PESO SECO							
	DEL ESPÉCIMEN (gr)	6.52	6.55	6.51	7.14	6.50	7.18	
A	ÁREA	429.24	432.18	426.30	435.12	424.85	438.08	
Wsat	PESO SATURADO							
	DEL ESPÉCIMEN (gr)	6.59	6.59	6.58	7.19	6.57	7.22	
Abs. (gr/cm <sup>2</sup> )		0.16	0.09	0.16	0.11	0.16	0.09	
Absorción promedio					0.13			

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 38 muestra los resultados del ensayo de absorción en el adobe sin fibra de polipropileno. Los valores de Wsec (peso seco) varían entre 6.50 gr y 7.18 gr, mientras que los valores de Wsat (peso saturado) oscilan entre 6.57 gr y 7.22 gr. El área de las muestras varía entre 424.85 cm<sup>2</sup> y 438.08 cm<sup>2</sup>, siendo el promedio de 0.13 gr/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 39***Ensayo de absorción del adobe con 0.5 % de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO								
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA								
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ							
FECHA:	06/12/2023							
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
ENSAYO:	ABSORCIÓN							
ABSORCIÓN DEL ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO								
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	
Wsec	PESO SECO DEL ESPÉCIMEN (gr)	6.79	7.14	7.07	7.01	6.92	6.59	
A	ÁREA	429.24	438.08	436.60	435.08	432.18	424.85	
Wsat	PESO SATURADO DEL ESPÉCIMEN (gr)	6.82	7.18	7.11	7.05	6.97	6.65	
Abs.	ABSORCIÓN (gr/cm <sup>2</sup> )	0.07	0.09	0.09	0.09	0.12	0.14	
Absorción promedio				0.10				

Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 39 muestra los hallazgos del experimento de absorción. en el adobe con un 0.5% de fibra de polipropileno. Los valores de Wsec oscilan entre 6.59 gr y 7.14 gr, mientras que los valores de Wsat varían de 6.65 gr a 7.18 gr. El área de las muestras se mantiene constante entre 424.85 cm<sup>2</sup> y 438.08 cm<sup>2</sup>, siendo el promedio de 0.10 gr/cm<sup>2</sup>, disminuyendo en un 23.08% respecto al adobe tradicional.

**Tabla 40***Ensayo de absorción del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA							
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ						
FECHA:	06/12/2023						
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO:	ABSORCIÓN						
<b>ABSORCIÓN DEL ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6
Wsec	PESO SECO DEL ESPÉCIMEN (gr)	7.12	6.60	6.35	6.48	6.5	6.54
A	ÁREA	438.08	432.16	417.60	420.48	424.85	426.32
Wsat	PESO SATURADO DEL ESPÉCIMEN (gr)	7.20	6.65	6.40	6.53	6.56	6.59
Abs.	Absorción (gr/cm <sup>2</sup> )	0.18	0.12	0.12	0.12	0.14	0.12
Absorción promedio				0.13			



Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos

La tabla 40 presenta los resultados del ensayo de absorción en el adobe con un 1.0% de fibra de polipropileno, Los valores de Wsec oscilan entre 6.35 gr y 7.12 gr, mientras que los valores de Wsat varían de 6.4 gr a 7.2 gr. El área de las muestras se mantiene constante entre 417.6 cm<sup>2</sup> y 438.08 cm<sup>2</sup>, siendo el promedio de 0.13 gr/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 41***Ensayo de absorción del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno*

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA							
RESPONSABLE:	NELY ROXANA TICONA GOMEZ						
FECHA:	07/12/2023						
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
ENSAYO:	ABSORCIÓN						
<b>ABSORCIÓN DEL ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6
Wsec	PESO SECO DEL ESPÉCIMEN (gr)	6.94	6.98	6.91	7.04	6.89	6.92
A	ÁREA	430.68	424.86	426.32	432.16	419.04	427.75
Wsat	PESO SATURADO DEL ESPÉCIMEN (gr)	6.98	7.08	6.94	7.07	6.94	9.97
Abs.	Absorción (gr/cm <sup>2</sup> )	0.09	0.24	0.07	0.07	0.12	0.12
Absorción promedio				0.12			



Nota: Obtenido del laboratorio de mecánica de suelos



La tabla 41 presenta los resultados de la prueba de absorción en adobe con un 1.5% de fibra de polipropileno. Los datos están expresados en gramos (gr) y centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>). Los valores de  $W_{sec}$  oscilan entre 6.89 gr y 7.04 gr, mientras que los valores de  $W_{sat}$  varían de 6.94 gr a 9.97 gr. El área de las muestras se mantiene constante entre 419.04 cm<sup>2</sup> y 432.16 cm<sup>2</sup>, siendo el promedio de 0.12 gr/cm<sup>2</sup>, disminuyendo en un 7.69% respecto al adobe tradicional.

### **4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

#### **4.3.1. Prueba de normalidad**

Es necesario realizar la prueba de normalidad para decidir si los datos tienen una distribución normal (paramétrica) o no normal (sesgada o no paramétrica); el resultado de este procedimiento es importante para escoger el tipo de prueba estadística adecuado para realizar el procedimiento de datos (Dominguez, 2018).

Interpretación de  $p$  mayor o menor de 0.05 en la prueba de normalidad:

El valor  $p$ : Indica la probabilidad de obtener los datos observados si la prueba es nula o cierta.

Si  $p \geq 0.05$ , en este caso la prueba de normalidad tiene una distribución normal (paramétrica).

Si  $p < 0.05$ , en este caso, no hay evidencia suficiente para descartar la normalidad de los datos, por lo que no tiene una distribución normal (no paramétrica).

**Tabla 42**

*Prueba de normalidad de la resistencia a tracción del adobe, realizado en el programa SPSS*

	Prueba de normalidad		
	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
Resistencia a tracción sin fibra	0.941	6	0.665
Resistencia a tracción con 1.5% de fibra	0.974	6	0.921

Nota: Elaboración propia

### **Interpretación:**

Los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la prueba de normalidad de la tabla 42 se muestran en el anexo 20.

Como el valor de  $p$  es (0.665) siendo mayor que 0.05, esto indica que los datos para la "Resistencia a la tracción sin fibra" siguen una distribución normal, lo cual permite el uso de pruebas estadísticas paramétricas.

De igual manera, el valor de  $p$  es (0.921), siendo mayor que 0.05, esto indica que los datos para "Resistencia a la tracción con fibra" también siguen una distribución normal, por lo que las pruebas paramétricas son adecuadas para este conjunto de datos.

**Tabla 43**

*Prueba de normalidad para las propiedades físico-mecánicas del adobe con la incorporación de los distintos porcentajes de fibra de polipropileno*

	Pruebas de normalidad		
	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
Resistencia a tracción sin fibra	0.941	6	0.665
Resistencia a tracción con 0.5% de fibra	0.946	6	0.705
Resistencia a tracción sin fibra	0.941	6	0.665



Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a tracción con 1.0% de fibra	0.846	6	0.145
Resistencia a tracción sin fibra	0.941	6	0.665
Resistencia a tracción con 1.5% de fibra	0.974	6	0.921
Resistencia a tracción sin fibra	0.941	6	0.665
Resistencia a tracción con 3.0% de fibra	0.668	6	0.083
Resistencia a tracción sin fibra	0.941	6	0.665
Resistencia a tracción con 5.0% de fibra	0.894	6	0.339
Resistencia a tracción sin fibra	0.941	6	0.665
Resistencia a tracción con 7.0% de fibra	0.956	6	0.785
Resistencia a compresión sin fibra	0.899	6	0.367
Resistencia a compresión con 0.5% fibra	0.962	6	0.832
Resistencia a compresión sin fibra	0.899	6	0.367
Resistencia a compresión con 1.0% fibra	0.929	6	0.571
Resistencia a compresión sin fibra	0.899	6	0.367
Resistencia a compresión con 1.5% fibra	0.946	6	0.705
Resistencia a compresión sin fibra	0.899	6	0.367
Resistencia a compresión con 3.0% fibra	0.930	6	0.580
Resistencia a compresión sin fibra	0.899	6	0.367
Resistencia a compresión con 5.0% fibra	0.962	6	0.832
Resistencia a compresión sin fibra	0.899	6	0.367
Resistencia a compresión con 7.0% fibra	0.929	6	0.571
Resistencia a flexión sin fibra	0.967	6	0.873
Resistencia a flexión con 0.5% fibra	0.895	6	0.347
Resistencia a flexión sin fibra	0.967	6	0.873
Resistencia a flexión con 1.0% fibra	0.496	6	0.080
Resistencia a flexión sin fibra	0.967	6	0.873
Resistencia a flexión con 1.5% de fibra	0.872	6	0.233
Resistencia a flexión sin fibra	0.967	6	0.873
Resistencia a flexión con 3.0% de fibra	0.628	6	0.071
Resistencia a flexión sin fibra	0.967	6	0.873
Resistencia a flexión con 5.0% de fibra	0.942	6	0.676
Resistencia a flexión sin fibra	0.967	6	0.873
Resistencia a flexión con 7.0% de fibra	0.860	6	0.189
Variabilidad dimensional sin fibra	0.948	3	0.559
Variabilidad dimensional con 0.5% fibra	1.000	3	0.990
Variabilidad dimensional sin fibra	0.948	3	0.559
Variabilidad dimensional con 1.0% fibra	0.880	3	0.325
Variabilidad dimensional sin fibra	0.948	3	0.559
Variabilidad dimensional con 1.5% fibra	0.997	3	0.900
Alabeo sin fibra	0.971	6	0.902
Alabeo con 0.5% de fibra	0.871	6	0.232
Alabeo sin fibra	0.971	6	0.902
Alabeo con 1.0% fibra	0.949	6	0.736
Alabeo sin fibra	0.971	6	0.902

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Alabeo con 1.5% de fibra	0.987	6	0.981
Absorción sin fibra	0.759	6	0.065
Absorción con 0.5% de fibra	0.892	6	0.329
Absorción sin fibra	0.759	6	0.065
Absorción con 1.0% de fibra	0.666	6	0.073
Absorción sin fibra	0.759	6	0.065
Absorción con 1.5% de fibra	0.783	6	0.061

Nota: Elaboración propia, de los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la prueba de normalidad de la tabla 43 se muestran en el anexo 20, 21, 22 y 23

### Interpretación

La tabla 43 muestra los resultados de la prueba de normalidad para las propiedades físico-mecánicas del adobe con diferentes porcentajes de fibra de polipropileno, según el análisis realizado en el programa SPSS. Los datos presentan una distribución normal, ya que  $p > 0.05$ , lo cual permite comparar las propiedades mecánicas del adobe tradicional con las propiedades mecánicas del adobe incorporado con fibra de polipropileno de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 3.0%, 5.0% y 7.0%. La prueba indica una diferencia estadística significativa, ya que los valores estadísticos del adobe sin fibra son menores que aquellos con fibra; un valor estadístico confiable oscila entre 0.5 y 1.0, siendo ideal cuando se aproxima a 1.0, lo que refleja un ajuste estadístico casi perfecto. De la misma manera, en las propiedades físicas del adobe tradicional con el adobe incorporado de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 1.5% de fibra de polipropileno, ya que la prueba de variabilidad dimensional (si existe variación longitudinal del adobe con fibra a comparación del adobe sin fibra), alabeo (si existe variación de curvatura entre el adobe tradicional y el adobe incorporado con fibra) y absorción (existe menor absorción y una mayor absorción a diferencia del adobe tradicional de acuerdo a los diferentes porcentajes incorporados) y el valor de  $p$  es mayor que 0.05 esto nos

indica que tienen una distribución normal y una diferencia estadísticamente significativa, y estos datos procesados para obtener la prueba de normalidad se muestran en los anexos 20, 21, 22 y 23.

### **Conclusión**

Tras realizar las pruebas de normalidad en todos los ensayos, se observó que el nivel de significancia es mayor de 0.05, lo que indica que es una distribución normal. Según Olea (2016), para las contrastaciones de hipótesis, se aplica la prueba t de Student para comparar la media de dos grupos.

Variable independiente: Fibra de polipropileno.

Variable dependiente: Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe.

#### **4.3.2. Contrastación de hipótesis**

La contrastación de hipótesis implica realizar pruebas estadísticas para determinar si los resultados obtenidos son compatibles con una hipótesis específica planteada al inicio de la investigación; este proceso permite evaluar la validez de una afirmación (hipótesis) sobre una población o sistema a partir de datos obtenidos experimentalmente (Dagnino, 2014).

**Contrastación hipótesis específica 1:** La incorporación de fibra de polipropileno aumenta significativamente la resistencia a tracción de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Hipótesis nula: No existe una resistencia significativa a la tracción.

Hipótesis alterna: Sí existe una resistencia significativa a la tracción.

**Tabla 44**

*Prueba t para dos muestras con 1.5% de fibra de polipropileno en el programa*

*SPSS*

<b>Prueba para una muestra</b>						
<b>Valor de prueba = 1.5%</b>						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Resistencia a tracción sin fibra	2.478	5	0.043	0.04167	-0.0016	0.0849
Resistencia a tracción con fibra	87.167	5	0.000	1.63333	1.5852	1.6815

Nota: Elaboración propia

### **Interpretación:**

Los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la tabla 44 se muestran en el anexo 20.

La resistencia a tracción sin fibra, el valor de p es 0.043, siendo menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que sí existe una resistencia significativa a la tracción.

La resistencia a tracción con fibra, el valor p es 0.000, es menor que 0.05 y es más óptima que la resistencia a la tracción sin fibra, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, ya que al incorporar fibra de polipropileno aumenta significativamente la resistencia a la tracción.

En la contrastación de la hipótesis específica 1, se demuestra que la incorporación de fibra de polipropileno aumenta significativamente la resistencia a tracción de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional. Según los resultados obtenidos, el punto óptimo de resistencia a la tracción es de 3.13 kg/cm<sup>2</sup> con una adición de fibra del 1.5%. Al incrementar el porcentaje de fibra más allá de este valor, la resistencia a la tracción disminuye,

como se mostró en la figura 35, y de acuerdo a la tabla 44, el valor de  $p$  sin fibra es 0.043 y el valor de  $p$  con fibra es 0.000, por lo que esto nos demuestra que, al incorporar fibra de polipropileno en el adobe, la resistencia aumenta, por lo que es eficiente y existe una diferencia altamente significativa

**Contrastación hipótesis específica 2:** La incorporación de fibra de polipropileno mejora significativamente la resistencia a compresión de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Hipótesis nula: No existe una resistencia significativa a la compresión.

Hipótesis alterna: Sí existe una resistencia significativa a la compresión.

#### Tabla 45

*Prueba  $t$  para dos muestras con 3.0% de fibra de polipropileno en el programa SPSS*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 3.0%						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Compresión sin fibra	11.497	5	0.024	9.06333	7.0368	11.0898
Compresión con fibra	30.961	5	0.000	20.70500	18.9859	22.4241

Nota: Elaboración propia

#### Interpretación:

Los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la tabla 45 se muestran en el anexo 21.

Para la resistencia a la compresión sin fibra, el valor de  $p$  es 0.024 siendo menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que sí existe una resistencia significativa a la compresión.



La resistencia a la compresión con fibra, el valor p es 0.000. Siendo menor que 0.05 y es más óptima que la resistencia a la tracción sin fibra. Esto nos indica rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, ya que al incorporar fibra de polipropileno aumenta significativamente la resistencia a la compresión.

En la contrastación de la hipótesis específica 2, se demuestra que la incorporación de fibra de polipropileno mejora significativamente la resistencia a la compresión de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional. Según los resultados obtenidos, el punto óptimo de resistencia a la compresión es de 23.70 kg/cm<sup>2</sup> con una adición de fibra del 3.0%. Al incrementar el porcentaje de fibra más allá de este valor, la resistencia a la compresión disminuye, como se mostró en la figura 36 y de acuerdo a la tabla 45, el valor de p sin fibra es 0.024 y el valor de p con fibra es 0.000, por lo que esto nos demuestra que al incorporar fibra de polipropileno en el adobe, la resistencia aumenta, por lo que es eficiente y existe una diferencia altamente significativa.

**Contrastación hipótesis específica 3:** La incorporación de fibra de polipropileno incrementa la resistencia a la flexión de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Hipótesis nula: No existe una resistencia significativa a la flexión.

Hipótesis alterna: Sí existe una resistencia significativa a la flexión.

## Tabla 46

*Prueba t para dos muestras con 5.0% de fibra de polipropileno en el programa*

*SPSS*

Prueba para una muestra							
Valor de prueba = 5.0%							
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
					Inferior	Superior	
Flexión sin fibra	26.332	5	0.044	2.39667	2.1627	2.6306	
Flexión con fibra	78.336	5	0.000	8.03833	7.7746	8.3021	

Nota: Elaboración propia

### Interpretación:

Los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la tabla 46 se muestran en el anexo 22.

Para la resistencia a la flexión sin fibra, el valor de p es 0.044. Siendo menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que sí existe una resistencia significativa a la flexión.

La resistencia a la flexión con fibra, el valor p es 0.000, siendo menor que 0.05, y es más óptima que la resistencia a la flexión sin fibra. Entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, ya que al incorporar fibra de polipropileno aumenta significativamente la resistencia a la flexión.

En la contrastación de la hipótesis específica 3, se demuestra que la incorporación de fibra de polipropileno incrementa la resistencia a la flexión de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional. Según los resultados obtenidos, el punto óptimo de resistencia a la flexión es de 13.04 kg/cm<sup>2</sup> con una adición de fibra del 5.0%. Al incrementar el porcentaje de fibra más allá de este valor, la resistencia a la flexión disminuye, como se mostró

en la figura 37, y de acuerdo a la tabla 46, el valor de p sin fibra es 0.044 y el valor de p con fibra es 0.000, por lo que esto nos demuestra que, al incorporar fibra de polipropileno en el adobe, la resistencia aumenta, por lo que es eficiente y existe una diferencia altamente significativa.

**Contrastación hipótesis específica 4:** La incorporación de fibra de polipropileno en las unidades de adobe reduce significativamente la variación dimensional en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Hipótesis nula: No existe reducción respecto a la variabilidad dimensional incorporado con fibra de polipropileno.

Hipótesis alterna: Sí existe reducción respecto a la variabilidad dimensional incorporado con fibra de polipropileno.

#### Tabla 47

*Prueba t para dos muestras con 1.5% de fibra de polipropileno de variabilidad dimensional en el programa SPSS*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 1.5%						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Variabilidad dimensional sin fibra	-23.159	2	0.002	-132.82333	-157.4998	-108.1469
Variabilidad dimensional con fibra	-22.649	2	0.002	-132.20667	-157.3217	-107.0917

Nota: Elaboración propia

#### Interpretación:

Los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la Tabla 47 se muestran en el Anexo 23.



La variabilidad dimensional sin fibra y con fibra, el valor de  $p$  es 0.002 en ambos, el cual se demuestra que es menor que 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que sí existe una variabilidad dimensional significativa.

En la contrastación de la hipótesis específica 4, se ha demostrado que la incorporación de fibra de polipropileno en las unidades de adobe genera una variación dimensional significativa tanto en altura, ancho y largo, según los diferentes porcentajes de fibra añadidos, en comparación con las unidades de adobe tradicional. Se observa que el porcentaje óptimo, que reduce la variabilidad dimensional, es del 1.5% de fibra de polipropileno. Esto se confirma en la tabla 47, donde el nivel de significancia es de 0.002 en ambos casos.

**Contrastación hipótesis específica 5:** La incorporación de fibra de polipropileno disminuye el alabeo de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Hipótesis nula: No existe reducción del alabeo incorporado con fibra de polipropileno.

Hipótesis alterna: Sí existe reducción del alabeo incorporado con fibra de polipropileno.

**Tabla 48**

*Prueba t para dos muestras con 1.5% de fibra de polipropileno de alabeo en el programa SPSS*

	Prueba para una muestra					
	Valor de prueba = 1.5%					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Alabeo sin fibra	-184.557	2	0.000	-148.11000	-151.5630	-144.6570
Alabeo con fibra	-225.592	2	0.000	-148.48000	-151.3119	-145.6481

Nota: Elaboración propia

### **Interpretación:**

Los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la Tabla 48 se muestran en el Anexo 23.

El alabeo sin fibra y con fibra, el valor de p es de 0.000, por lo que es menor que 0.05; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que sí existe reducción del alabeo.

En la contrastación de la hipótesis específica 5, se ha demostrado que la incorporación de fibra de polipropileno disminuye el alabeo de las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional según los diferentes porcentajes de fibra añadidos. En la tabla 48 se observa que el porcentaje óptimo, que disminuye el alabeo, es del 1.5% de fibra de polipropileno; esto se confirma, ya que en esta tabla el nivel de significancia es de 0.000 en ambos casos.

**Contrastación hipótesis específica 6:** La incorporación de fibra de polipropileno reduce la absorción de agua en las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional.

Hipótesis nula: No existe reducción de absorción incorporado con fibra de polipropileno.

Hipótesis alterna: Sí existe reducción de absorción incorporado con fibra de polipropileno.

#### Tabla 49

*Prueba t para dos muestras con 1.5% de fibra de polipropileno de absorción en el programa SPSS*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 1.5%						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Absorción sin fibra	-135.554	5	0.024	-1.40000	-1.4265	-1.3735
Absorción con fibra	-53.137	5	0.000	-1.38167	-1.4485	-1.3148

Nota: Elaboración propia

#### Interpretación:

Los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la tabla 49 se muestran en el anexo 23.

La absorción sin fibra, el valor de p es 0.024, es menor que 0.05; se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que si reduce la absorción.

La absorción con fibra, el valor p es 0.000, es menor que 0.05; esto nos indica rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, ya que al incorporar fibra de polipropileno aumenta significativamente la reducción de la absorción.

En la contrastación de la hipótesis específica 6, se ha demostrado que la incorporación de fibra de polipropileno reduce la absorción de agua en las unidades de adobe en comparación con las unidades de adobe tradicional. En la

tabla 49 se observa que el porcentaje óptimo, que reduce la absorción, es del 1.5% de fibra de polipropileno. Esto se confirma, ya que en esta tabla el nivel de significancia es de 0.024; absorbe más agua que el adobe con fibra porque el nivel de significancia es de 0.000. Esto nos demuestra que el adobe con fibra absorbe menos agua que el adobe sin fibra.

### Tabla 50

*Prueba t para para las propiedades físico-mecánicas de comparación del adobe tradicional con la incorporación en distintos porcentajes de fibra*

Prueba para una muestra	
	Sig. (bilateral)
Resistencia a tracción sin fibra	0.000
Resistencia a tracción con 0.5% de fibra	0.000
Resistencia a tracción sin fibra	0.000
Resistencia a tracción con 1.0% de fibra	0.000
Resistencia a tracción sin fibra	0.043
Resistencia a tracción con 1.5% de fibra	0.000
Resistencia a tracción sin fibra	0.000
Resistencia a tracción con 3.0% de fibra	0.015
Resistencia a tracción sin fibra	0.000
Resistencia a tracción con 5.0% de fibra	0.040
Resistencia a tracción sin fibra	0.000
Resistencia a tracción con 7.0% de fibra	0.042
Resistencia a compresión sin fibra	0.000
Resistencia a compresión con 0.5% fibra	0.000
Resistencia a compresión sin fibra	0.000
Resistencia a compresión con 1.0% fibra	0.000
Resistencia a compresión sin fibra	0.043
Resistencia a compresión con 1.5% fibra	0.000
Resistencia a compresión sin fibra	0.024
Resistencia a compresión con 3.0% fibra	0.000
Resistencia a compresión sin fibra	0.000
Resistencia a compresión con 5.0% fibra	0.002
Resistencia a compresión sin fibra	0.001
Resistencia a compresión con 7.0% fibra	0.021
Resistencia a flexión sin fibra	0.000
Resistencia a flexión con 0.5% fibra	0.000
Resistencia a flexión sin fibra	0.029
Resistencia a flexión con 1.0% fibra	0.004
Resistencia a flexión sin fibra	0.027

### Prueba para una muestra

	Sig. (bilateral)
Resistencia a flexión con 1.5% de fibra	0.041
Resistencia a flexión sin fibra	0.000
Resistencia a flexión con 3.0% de fibra	0.002
Resistencia a flexión sin fibra	0.044
Resistencia a flexión con 5.0% de fibra	0.000
Resistencia a flexión sin fibra	0.007
Resistencia a flexión con 7.0% de fibra	0.008
Variabilidad dimensional sin fibra	0.008
Variabilidad dimensional con 0.5% fibra	0.030
Variabilidad dimensional sin fibra	0.010
Variabilidad dimensional con 1.0% fibra	0.032
Variabilidad dimensional sin fibra	0.002
Variabilidad dimensional con 1.5% fibra	0.002
Alabeo sin fibra	0.000
Alabeo con 0.5% de fibra	0.000
Alabeo sin fibra	0.000
Alabeo con 1.0% fibra	0.000
Alabeo sin fibra	0.000
Alabeo con 1.5% de fibra	0.000
Absorción sin fibra	0.020
Absorción con 0.5% de fibra	0.000
Absorción sin fibra	0.025
Absorción con 1.0% de fibra	0.000
Absorción sin fibra	0.024
Absorción con 1.5% de fibra	0.000

Nota: Elaboración propia, los datos numéricos procesados para obtener los resultados de la tabla 50 se muestran en el anexo 20, 21, 22 y 23

### Interpretación

La tabla 50 presenta el nivel de significancia de las propiedades físico-mecánicas mediante la prueba t de Student, comparando el adobe tradicional con el adobe reforzado con fibra de polipropileno. La adición de fibra en diferentes porcentajes (0.5%, 1.0%, 1.5%, 3.0%, 5.0% y 7.0%) aumenta la resistencia de las propiedades mecánicas del adobe, en contraste con el adobe tradicional. En cuanto a las propiedades físicas, se observa una disminución y aumento de la variabilidad dimensional, alabeo y absorción del adobe, que varían según el porcentaje de fibra añadido: 0.5%, 1.0% hasta 1.5%. En todas las pruebas realizadas, el valor p es



menor a 0.05, por el cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, indicando una diferencia estadísticamente significativa. Esto confirma que la incorporación de fibra aumenta las propiedades mecánicas del adobe; sin embargo, si se supera el porcentaje óptimo, como en la resistencia en tracción que es de 3.13 kg/cm<sup>2</sup> con su porcentaje óptimo de 1.5% de fibra, la resistencia a la compresión que es de 23.70 kg/cm<sup>2</sup> con su porcentaje óptimo de 3.0% y la resistencia a la flexión que es de 13.04 kg/cm<sup>2</sup> con su porcentaje óptimo de 5.0% disminuye. Los datos numéricos procesados para obtener estos resultados se detallan en los Anexos 20, 21, 22 y 23.

### **Conclusión:**

Los valores de p con los resultados con fibra son menores que 0.05, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo que al incorporar fibra de polipropileno aumentan significativamente las propiedades físicas y mecánicas del adobe.

#### **4.4. ANÁLISIS DE COSTOS**

Los análisis de costos unitarios para esta investigación permiten determinar el costo de elaborar una unidad de adobe tradicional y mejorado. A continuación, se muestra el análisis realizado para la obtención de dichos costos; cada análisis de costo incluye el acopio del material, transporte y zarandeo del material para elaborar adobes.

En el análisis de costos unitarios por administración directa, el precio de los materiales, los costos de operación de alquiler de equipos incluyen I.G.V., y el precio de la mano de obra se obtiene de acuerdo a cada escala remunerativa de las entidades públicas.

En el análisis de costos unitarios por contrata, el precio de los materiales, costo de operación, posesión no incluye I.G.V. y el precio de la mano de obra se obtiene de acuerdo a la tabla salarial de régimen de construcción civil.

Para determinar el precio unitario de cada unidad de adobe se emplea el análisis de costos unitarios familiar.

### Tabla 51

#### *Análisis de costos unitarios del adobe convencional - familiar*

ADOBE CONVENCIONAL					
<b>Rendimiento:</b>	<b>150</b>	<b>und/día</b>			<b>0.79</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0267	12.27	0.1636
Peón	hh	1.00	0.0533	9.20	0.4907
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Paja	kg		0.1600	0.14	0.0224
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 51 y, de acuerdo al anexo 35, presenta un análisis de costos para la producción de adobes convencionales, con un rendimiento de 150 unidades por día y un costo unitario total de S/. 0.79. En la categoría de mano de obra, el operario utiliza 0.0267 horas-hombre por unidad, con un costo parcial de S/. 0.1636, mientras que el peón requiere 0.0533 horas-hombre, resultando en S/. 0.4907. Para materiales, se considera el uso de agua (0.0040 m<sup>3</sup> a S/. 0.0059), tierra selecta arcillosa (0.0070 m<sup>3</sup> a S/. 0.0350) y paja (0.1600 kg a S/. 0.0224). Por último, los equipos, representados por herramientas manuales, aportan un 5% del costo de la mano de obra, lo que equivale a S/. 0.0700 por unidad. La suma de estos costos proporciona el precio final del adobe.

**Tabla 52***Análisis de costos unitarios del adobe convencional – por administración directa*

ADOBE CONVENCIONAL					
<b>Rendimiento:</b> 180 und/día					<b>1.03</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0222	21.160	0.2351
Peón	hh	1.00	0.0444	14.810	0.6582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.735	0.0069
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.000	0.0350
Paja	kg		0.1600	0.165	0.0264
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.400	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 52 y de acuerdo al anexo 27 describe los costos asociados con la producción de adobes convencionales a un ritmo de 180 unidades por día, donde el costo total por unidad es de S/. 1.03. En la categoría de mano de obra, un operario trabaja 0.0222 horas-hombre por unidad, a un costo de S/. 21.16 por hora, lo que genera un subtotal de S/. 0.2351; mientras que el peón trabaja 0.0444 horas-hombre por unidad, a un costo de S/. 14.81 por hora, resultando en un costo parcial de S/. 0.6582. Para los materiales, se emplean 0.0040 m<sup>3</sup> de agua (S/. 0.0069), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa (S/. 0.0350) y 0.1600 kg de paja (S/. 0.0264). Finalmente, los equipos, representados por herramientas manuales equivalentes al 5% de la mano de obra, tienen un costo de S/. 0.0700. La suma de todos estos componentes da como resultado el costo unitario final.

**Tabla 53***Análisis de costos unitarios del adobe convencional - por contrata*

ADOBE CONVENCIONAL					
<b>Rendimiento:</b>	<b>220 und/día</b>				<b>1.16</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0182	29.43	0.2675
Peón	hh	1.00	0.0364	20.85	0.7582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Paja	kg		0.1600	0.14	0.0224
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 53 y, de acuerdo al anexo 31, presenta un análisis de costos para la producción de adobes convencionales con un rendimiento de 220 unidades por día y un costo unitario de S/. 1.16. En la mano de obra, un operario trabaja 0.0182 horas-hombre por unidad, con un costo de S/. 29.43 por hora, generando un subtotal de S/. 0.2675, mientras que un peón trabaja 0.0364 horas-hombre, a S/. 20.85 por hora, sumando S/. 0.7582. En la sección de materiales, se emplean 0.0040 m<sup>3</sup> de agua (S/. 0.0059), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa (S/. 0.0350) y 0.1600 kg de paja (S/. 0.0224). Finalmente, los equipos, representados por herramientas manuales que equivalen al 5% del costo de la mano de obra, tienen un costo parcial de S/. 0.0700. Estos costos combinados resultan en el costo total por unidad de adobe.

**Tabla 54***Análisis de costos unitarios del adobe con 0.5% de fibra de polipropileno - familia*

ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO					
<b>Rendimiento:</b>	<b>150 und/día</b>				<b>1.53</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0267	12.27	0.1636
Peón	hh	1.00	0.0533	9.20	0.4907
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0219	35.00	0.7656
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 54 y, de acuerdo al anexo 35, presenta los costos para la producción de adobes con 0.5% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 150 unidades por día y un costo unitario de S/. 1.53. En la categoría de mano de obra, un operario requiere 0.0267 horas-hombre por unidad, a un costo de S/. 12.27 por hora, resultando en S/. 0.1636, mientras que un peón necesita 0.0533 horas-hombre, con un costo de S/. 9.20 por hora, aportando S/. 0.4907. En cuanto a los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua (S/. 0.0059), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa (S/. 0.0350) y 0.0219 kg de fibra de polipropileno a S/. 35.00 por kilogramo, lo que suma S/. 0.7656. Finalmente, los equipos, representados por herramientas manuales, equivalen al 5% del costo de la mano de obra, con un subtotal de S/. 0.0700. La suma total de estos componentes determina el costo por unidad de este tipo de adobe mejorado.

**Tabla 55**

*Análisis de costos unitarios del adobe con 0.5% de fibra de polipropileno - por administración directa*

<b>ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>180 und/día</b>				<b>1.91</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0222	21.160	0.2351
Peón	hh	1.00	0.0444	14.810	0.6582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.735	0.0069
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.000	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0219	41.300	0.9034
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.400	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 55 y, de acuerdo al anexo 27, detalla los costos asociados con la producción de adobes con 0.5% de fibra de polipropileno, logrando un rendimiento de 180 unidades por día y un costo unitario total de S/. 1.91. En la mano de obra, un operario requiere 0.0222 horas-hombre por unidad, con un costo de S/. 21.160 por hora, resultando en S/. 0.2351, mientras que un peón necesita 0.0444 horas-hombre, a S/. 14.810 por hora, aportando S/. 0.6582. En los materiales, se emplean 0.0040 m<sup>3</sup> de agua (S/. 0.0069), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa (S/. 0.0350) y 0.0219 kg de fibra de polipropileno, con un costo de S/. 41.300 por kilogramo, generando un subtotal de S/. 0.9034. Finalmente, los equipos, representados por herramientas manuales, equivalen al 5% del costo de la mano de obra, con un costo de S/. 0.0700. La combinación de estos factores explica el costo unitario total.

**Tabla 56***Análisis de costos unitarios del adobe con 0.5% de fibra de polipropileno - por contrata*

<b>ADOBE CON 0.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>220</b>	<b>und/día</b>			<b>1.90</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0182	29.43	0.2675
Peón	hh	1.00	0.0364	20.85	0.7582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0219	35.00	0.7656
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 56, y de acuerdo al anexo 31, presenta los costos para la producción de adobes con 0.5% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 220 unidades por día y un costo unitario total de S/. 1.90. En la mano de obra, un operario trabaja 0.0182 horas-hombre por unidad, con un costo de S/. 29.43 por hora, resultando en un subtotal de S/. 0.2675, mientras que un peón trabaja 0.0364 horas-hombre, a S/. 20.85 por hora, generando un costo de S/. 0.7582. En cuanto a los materiales, se emplean 0.0040 m<sup>3</sup> de agua (S/. 0.0059), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa (S/. 0.0350) y 0.0219 kg de fibra de polipropileno a S/. 35.00 por kilogramo, lo que da como resultado S/. 0.7656. Finalmente, los equipos, representados por herramientas manuales, equivalen al 5% del costo de la mano de obra, con un costo parcial de S/. 0.0700. La suma de todos estos componentes da el costo total por unidad de adobe.

**Tabla 57***Análisis de costos unitarios del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno - familiar*

<b>ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>150 und/día</b>				<b>2.30</b>
<b>descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0267	12.27	0.1636
Peón	hh	1.00	0.0533	9.20	0.4907
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0438	35.00	1.5313
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 57, y de acuerdo al anexo 35, describe los costos asociados con la producción de adobes con 1.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 150 unidades por día y un costo unitario de S/. 2.30. En la categoría de mano de obra, un operario trabaja 0.0267 horas-hombre por unidad, con un costo de S/. 12.27 por hora, resultando en S/. 0.1636, mientras que un peón necesita 0.0533 horas-hombre, a S/. 9.20 por hora, generando S/. 0.4907. En cuanto a los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua (S/. 0.0059), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa (S/. 0.0350) y 0.0438 kg de fibra de polipropileno a S/. 35.00 por kilogramo, lo que da un costo de S/. 1.5313. Finalmente, los equipos, representados por herramientas manuales que representan el 5% del costo de la mano de obra, tienen un costo parcial de S/. 0.0700. La combinación de estos costos da como resultado el precio final por unidad de adobe.

**Tabla 58**

*Análisis de costos unitarios del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno - por administración directa*

<b>ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>180 und/día</b>				<b>2.81</b>
<b>descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0222	21.160	0.2351
Peón	hh	1.00	0.0444	14.810	0.6582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.735	0.0069
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.000	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0438	41.300	1.8069
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.400	0.0700

Nota: Elaboración propia.

La tabla 58, y de acuerdo al anexo 27, detalla los costos de producción de adobes con 1.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 180 unidades por día y un costo unitario total de S/. 2.81. En la mano de obra, un operario trabaja 0.0222 horas-hombre por unidad, a un costo de S/. 21.160 por hora, resultando en S/. 0.2351, mientras que un peón trabaja 0.0444 horas-hombre, con un costo de S/. 14.810 por hora, sumando S/. 0.6582. En cuanto a los materiales, se utilizan 0.0040 m<sup>3</sup> de agua (S/. 0.0069), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa (S/. 0.0350) y 0.0438 kg de fibra de polipropileno a S/. 41.300 por kilogramo, lo que da un subtotal de S/. 1.8069. Finalmente, los equipos, representados por herramientas manuales, equivalen al 5% del costo de la mano de obra, con un costo de S/. 0.0700. La suma de todos estos costos determina el precio final por unidad de este tipo de adobe mejorado.

**Tabla 59***Análisis de costos unitarios del adobe con 1.0% de fibra de polipropileno - por contrata*

<b>ADOBE CON 1.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>220 und/día</b>				<b>2.67</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0182	29.43	0.2675
Peón	hh	1.00	0.0364	20.85	0.7582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0438	35.00	1.5313
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 59, y de acuerdo al anexo 31, muestra los costos asociados con la producción de adobes con 1.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 220 unidades por día y un costo unitario total de S/. 2.67. En mano de obra, un operario trabaja 0.0182 horas-hombre por unidad a un costo de S/. 29.43 por hora, lo que genera un total de S/. 0.2675. El peón trabaja 0.0364 horas-hombre, con un costo de S/. 20.85 por hora, lo que resulta en S/. 0.7582. Para los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua, cuyo costo es S/. 0.0059, 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa, que cuesta S/. 0.0350, y 0.0438 kg de fibra de polipropileno, con un precio de S/. 35.00 por kilogramo, resultando en S/. 1.5313. Los equipos, representados por herramientas manuales, corresponden al 5% del costo de la mano de obra, con un costo de S/. 0.0700. El costo total de estos recursos da un precio unitario de S/. 2.67 por cada unidad de adobe.

**Tabla 60***Análisis de costos unitarios del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno - familiar*

<b>ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>150</b>	<b>und/día</b>			<b>3.06</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0267	12.27	0.1636
Peón	hh	1.00	0.0533	9.20	0.4907
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0656	35.00	2.2969
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 60 y, de acuerdo al anexo 35, describe los costos para la producción de adobes con 1.5% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 150 unidades por día y un costo unitario de S/. 3.06. En mano de obra, el operario trabaja 0.0267 horas-hombre por unidad a un costo de S/. 12.27 por hora, lo que genera S/. 0.1636 por unidad. El peón trabaja 0.0533 horas-hombre, con un costo de S/. 9.20 por hora, lo que da un total de S/. 0.4907. En los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.47 por m<sup>3</sup>, lo que suma S/. 0.0059, 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup>, lo que da S/. 0.0350, y 0.0656 kg de fibra de polipropileno, cuyo precio es S/. 35.00 por kilogramo, sumando S/. 2.2969. Los equipos, representados por herramientas manuales, representan el 5% del costo de la mano de obra, con un costo de S/. 0.0700. El precio unitario total por cada adobe es S/. 3.06.

**Tabla 61**

*Análisis de costos unitarios del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno - por administración directa*

ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO					
<b>Rendimiento:</b>	<b>180</b>	<b>und/día</b>			<b>3.72</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0222	21.160	0.2351
Peón	hh	1.00	0.0444	14.810	0.6582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.735	0.0069
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.000	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0656	41.300	2.7103
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.400	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 61 y, de acuerdo al anexo 27, muestra los costos para la producción de adobes con 1.5% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 180 unidades por día y un costo unitario de S/. 3.72. En mano de obra, el operario trabaja 0.0222 horas-hombre por unidad a un costo de S/. 21.16 por hora, lo que genera un total de S/. 0.2351. El peón trabaja 0.0444 horas-hombre a S/. 14.81 por hora, resultando en S/. 0.6582. Para los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua, cuyo costo es S/. 1.735 por m<sup>3</sup>, generando S/. 0.0069, 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup>, lo que suma S/. 0.0350, y 0.0656 kg de fibra de polipropileno, cuyo precio es S/. 41.30 por kilogramo, generando S/. 2.7103. Los equipos, representados por herramientas manuales, tienen un costo de S/. 0.0700, que corresponde al 5% del costo de la mano de obra. El costo unitario total por cada unidad de adobe es S/. 3.72.

**Tabla 62***Análisis de costos unitarios del adobe con 1.5% de fibra de polipropileno - por contrata*

<b>ADOBE CON 1.5% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>220 und/día</b>				<b>3.43</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0182	29.43	0.2675
Peón	hh	1.00	0.0364	20.85	0.7582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0656	35.00	2.2969
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 62 y, de acuerdo al anexo 31, describe los costos para la producción de adobes con 1.5% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 220 unidades por día y un costo unitario de S/. 3.4300. En mano de obra, el operario trabaja 0.0182 horas-hombre por unidad a un costo de S/. 29.43 por hora, lo que resulta en S/. 0.2675 por unidad. El peón trabaja 0.0364 horas-hombre a S/. 20.85 por hora, generando un total de S/. 0.7582. Para los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.47 por m<sup>3</sup>, sumando S/. 0.0059, 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup>, lo que da S/. 0.0350, y 0.0656 kg de fibra de polipropileno, cuyo precio es S/. 35.00 por kilogramo, sumando S/. 2.2969. Los equipos, representados por herramientas manuales, tienen un costo de S/. 0.0700, correspondiente al 5% del costo de la mano de obra. El precio unitario total por cada unidad de adobe es S/. 3.43.

**Tabla 63***Análisis de costos unitarios del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno - familiar*

<b>ADOBE CON 3.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>150 und/día</b>				<b>3.52</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0267	12.27	0.1636
Peón	hh	1.00	0.0533	9.20	0.4907
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0788	35.00	2.7563
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 63 y, de acuerdo al anexo 35, describe los costos para la producción de adobes con 3.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 150 unidades por día y un costo unitario de S/. 3.5200. En mano de obra, el operario trabaja 0.0267 horas-hombre por unidad a un costo de S/. 12.27 por hora, resultando en S/. 0.1636 por unidad. El peón trabaja 0.0533 horas-hombre a S/. 9.20 por hora, generando un total de S/. 0.4907. En cuanto a los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.47 por m<sup>3</sup>, sumando S/. 0.0059, 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup>, lo que da S/. 0.0350, y 0.0788 kg de fibra de polipropileno, cuyo precio es S/. 35.00 por kilogramo, sumando S/. 2.7563. Los equipos, representados por herramientas manuales, tienen un costo de S/. 0.0700, correspondiente al 5% del costo de la mano de obra. El precio unitario total por cada unidad de adobe es S/. 3.52.

**Tabla 64**

*Análisis de costos unitarios del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno - por administración directa*

<b>ADOBE CON 3.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>180 und/día</b>				<b>4.26</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0222	21.160	0.2351
Peón	hh	1.00	0.0444	14.810	0.6582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.735	0.0069
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.000	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0788	41.300	3.2524
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.400	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 64 y, de acuerdo al anexo 27, detalla los costos para la producción de adobes con 3.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 180 unidades por día y un costo unitario de S/. 4.2600. En mano de obra, el operario trabaja 0.0222 horas-hombre por unidad a S/. 21.16 por hora, resultando en S/. 0.2351 por unidad. El peón trabaja 0.0444 horas-hombre a S/. 14.81 por hora, sumando S/. 0.6582. En cuanto a los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.735 por m<sup>3</sup>, lo que da S/. 0.0069, 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup>, sumando S/. 0.0350, y 0.0788 kg de fibra de polipropileno a S/. 41.30 por kilogramo, lo que da un total de S/. 3.2524. Los equipos, representados por herramientas manuales, tienen un costo de S/. 0.0700, correspondiente al 5% del costo de la mano de obra. El precio unitario final por cada unidad de adobe es S/. 4.26.

**Tabla 65***Análisis de costos unitarios del adobe con 3.0% de fibra de polipropileno - por contrata*

ADOBE CON 3.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO					
<b>Rendimiento:</b>	<b>220 und/día</b>				<b>3.89</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0182	29.43	0.2675
Peón	hh	1.00	0.0364	20.85	0.7582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.0788	35.00	2.7563
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 65 y, de acuerdo al anexo 31, describe los costos para la producción de adobes con 3.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 220 unidades por día y un costo unitario de S/. 3.89. En mano de obra, el operario trabaja 0.0182 horas-hombre por unidad a S/. 29.43 por hora, resultando en S/. 0.2675 por unidad. El peón trabaja 0.0364 horas-hombre a S/. 20.85 por hora, sumando S/. 0.7582. En cuanto a los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.47 por m<sup>3</sup>, lo que da S/. 0.0059, 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup>, sumando S/. 0.0350, y 0.0788 kg de fibra de polipropileno a S/. 35.00 por kilogramo, lo que da un total de S/. 2.7563. Los equipos, representados por herramientas manuales, tienen un costo de S/. 0.0700, correspondiente al 5% del costo de la mano de obra. El precio unitario final por cada unidad de adobe es S/. 3.89.

**Tabla 66***Análisis de costos unitarios del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno - familiar*

<b>ADOBE CON 5.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>150 und/día</b>				<b>5.36</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0267	12.27	0.1636
Peón	hh	1.00	0.0533	9.20	0.4907
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.1313	35.00	4.5938
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 66 y, de acuerdo al anexo 35, describe los costos para la producción de adobes con 5.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 150 unidades por día y un costo unitario de S/. 5.36. En mano de obra, el operario trabaja 0.0267 horas-hombre por unidad a S/. 12.27 por hora, resultando en S/. 0.1636 por unidad. El peón trabaja 0.0533 horas-hombre a S/. 9.20 por hora, sumando S/. 0.4907. En cuanto a los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.47 por m<sup>3</sup>, lo que da S/. 0.0059, 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup>, sumando S/. 0.0350, y 0.1313 kg de fibra de polipropileno a S/. 35.00 por kilogramo, lo que da un total de S/. 4.5938. Los equipos, representados por herramientas manuales, tienen un costo de S/. 0.0700, correspondiente al 5% del costo de la mano de obra. El precio unitario final por cada unidad de adobe es S/. 5.36.

**Tabla 67**

*Análisis de costos unitarios del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno - por administración directa*

<b>ADOBE CON 5.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>						
<b>Rendimiento:</b>	<b>180</b>	<b>und/día</b>				<b>6.43</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
Mano de Obra						
Operario	hh	0.50	0.0222	21.16	0.2351	
Peón	hh	1.00	0.0444	14.81	0.6582	
Materiales						
Agua	m <sup>3</sup>		0.0040	1.73	0.0069	
Tierra Selecta arcillosa	m <sup>3</sup>		0.0070	5.00	0.0350	
Fibra de polipropileno	kg		0.1313	41.30	5.4206	
Equipos						
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.400	0.0700	

Nota: Elaboración propia

La tabla 67 y, de acuerdo al anexo 27, presenta un desglose de los costos para la producción de adobes con un 5.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 180 unidades por día y un costo unitario de S/. 6.43. Los costos se dividen en cuatro categorías principales: mano de obra, materiales, equipos, y costos asociados. En cuanto a la mano de obra, el operario trabaja 0.0222 horas por unidad a un costo de S/. 21.16 por hora, lo que representa S/. 0.2351 por unidad, y el peón trabaja 0.0444 horas por unidad a S/. 14.81 por hora, con un costo de S/. 0.6582 por unidad. En materiales, se emplea 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.73 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0069 por unidad), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0350 por unidad), y 0.1313 kg de fibra de polipropileno a S/. 41.30 por kg (S/. 5.4206 por unidad). Además, se asigna un 5% del costo de mano de obra a herramientas manuales, lo que implica un costo adicional de S/. 0.0700 por unidad. En conjunto, estos recursos suman el costo total de S/. 6.43 por cada unidad de adobe producida.

**Tabla 68***Análisis de costos unitarios del adobe con 5.0% de fibra de polipropileno - por contrata*

<b>ADOBE CON 5.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>220</b>	<b>und/día</b>			<b>5.73</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	0.50	0.0182	29.43	0.2675
Peón	hh	1.00	0.0364	20.85	0.7582
<b>Materiales</b>					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.1313	35.00	4.5938
<b>Equipos</b>					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 68 y, de acuerdo al anexo 31, detalla los costos de producción de adobes con un 5.0% de fibra de polipropileno, cuyo rendimiento es de 220 unidades por día y un costo unitario de S/. 5.73. En términos de mano de obra, el operario trabaja 0.0182 horas por unidad a un costo de S/. 29.43 por hora, lo que genera un costo de S/. 0.2675 por unidad. El peón, por su parte, trabaja 0.0364 horas por unidad a un costo de S/. 20.85 por hora, lo que equivale a S/. 0.7582 por unidad. En cuanto a los materiales, se utilizan 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.47 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0059 por unidad), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0350 por unidad), y 0.1313 kg de fibra de polipropileno a S/. 35 por kg (S/. 4.5938 por unidad). Asimismo, el costo de las herramientas manuales se calcula como el 5% del costo de la mano de obra, lo que representa S/. 0.07 por unidad. Estos costos se suman para dar un total de S/. 5.73 por cada unidad de adobe producida.

**Tabla 69***Análisis de costos unitarios del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno - familiar*

<b>ADOBE CON 7.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>150 und/día</b>				<b>7.20</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0267	12.27	0.1636
Peón	hh	1.00	0.0533	9.20	0.4907
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.1838	35.00	6.4313
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 69 y, de acuerdo al anexo 35, presenta los costos de producción de adobes con un 7.0% de fibra de polipropileno, cuyo rendimiento es de 150 unidades por día y un costo unitario de S/. 7.20. En cuanto a la mano de obra, el operario trabaja 0.0267 horas por unidad a un costo de S/. 12.27 por hora, lo que genera un costo de S/. 0.1636 por unidad. El peón trabaja 0.0533 horas por unidad a un costo de S/. 9.20 por hora, lo que equivale a S/. 0.4907 por unidad. En los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.47 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0059 por unidad), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0350 por unidad), y 0.1838 kg de fibra de polipropileno a S/. 35 por kg (S/. 6.4313 por unidad). Además, el costo de las herramientas manuales se calcula como el 5% del costo de la mano de obra, lo que representa S/. 0.07 por unidad. El total de estos costos es S/. 7.20 por cada unidad de adobe producida.

**Tabla 70**

*Análisis de costos unitarios del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno - por administración directa*

ADOBE CON 7.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO					
<b>Rendimiento:</b>	<b>180</b>	<b>und/día</b>			<b>8.59</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0222	21.16	0.2351
Peón	hh	1.00	0.0444	14.81	0.6582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.73	0.0069
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.1838	41.30	7.5889
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 70 y, de acuerdo al anexo 27, muestra los costos asociados a la producción de adobes con un 7.0% de fibra de polipropileno, con un rendimiento de 180 unidades por día y un costo unitario de S/. 8.59. En la mano de obra, el operario trabaja 0.0222 horas por unidad a S/. 21.16 por hora, generando un costo de S/. 0.2351 por unidad. El peón trabaja 0.0444 horas por unidad a S/. 14.81 por hora, lo que da un costo de S/. 0.6582 por unidad. En cuanto a los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.73 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0069 por unidad), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0350 por unidad) y 0.1838 kg de fibra de polipropileno a S/. 41.30 por kg (S/. 7.5889 por unidad). Además, el costo de las herramientas manuales es del 5% del costo de la mano de obra, lo que equivale a S/. 0.07 por unidad. El costo total de producción de cada unidad de adobe es de S/. 8.59.

**Tabla 71***Análisis de costos unitarios del adobe con 7.0% de fibra de polipropileno - por contrata*

<b>ADOBE CON 7.0% DE FIBRA DE POLIPROPILENO</b>					
<b>Rendimiento:</b>	<b>220 und/día</b>				<b>7.57</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
Mano de Obra					
Operario	hh	0.50	0.0182	29.43	0.2675
Peón	hh	1.00	0.0364	20.85	0.7582
Materiales					
Agua	m3		0.0040	1.47	0.0059
Tierra Selecta arcillosa	m3		0.0070	5.00	0.0350
Fibra de polipropileno	kg		0.1838	35.00	6.4313
Equipos					
Herramientas Manuales	%MO		0.0500	1.40	0.0700

Nota: Elaboración propia

La tabla 71 y de acuerdo al anexo 31, muestra los costos asociados a la producción de adobes con un 7.0% de fibra de polipropileno y un rendimiento de 220 unidades por día, con un costo unitario de S/. 7.57. En la mano de obra, el operario trabaja 0.0182 horas por unidad a S/. 29.43 por hora, lo que genera un costo de S/. 0.2675 por unidad. El peón trabaja 0.0364 horas por unidad a S/. 20.85 por hora, lo que da un costo de S/. 0.7582 por unidad. En cuanto a los materiales, se utiliza 0.0040 m<sup>3</sup> de agua a S/. 1.47 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0059 por unidad), 0.0070 m<sup>3</sup> de tierra selecta arcillosa a S/. 5.00 por m<sup>3</sup> (S/. 0.0350 por unidad) y 0.1838 kg de fibra de polipropileno a S/. 35.00 por kg (S/. 6.4313 por unidad). Además, el costo de las herramientas manuales es del 5% del costo de la mano de obra, lo que equivale a S/. 0.07 por unidad. El costo total de producción de cada unidad de adobe es de S/. 7.57.

#### 4.5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos al incorporar 1.5% de fibra de polipropileno en el adobe han mostrado una mejora significativa en la resistencia a la tracción, alcanzando un valor de 3.13 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con el adobe sin fibra, que registró 1.54 kg/cm<sup>2</sup>. Esto demuestra que la adición de fibra de polipropileno mejora la resistencia del adobe. Sin embargo, al incrementar el porcentaje de fibra por encima de 1.5%, se observó una reducción en la resistencia, sugiriendo un nivel óptimo de fibra para maximizar el rendimiento del material. Este hallazgo es consistente con estudios previos, de Fresneda y Méndez (2019), donde la adición de un 3% de fibra de bagazo de caña mejora propiedades importantes del adobe, como la resistencia a la tracción. De la misma manera, en la investigación desarrollada por Aponte y Rivas (2021) se demostró que la inclusión de fibras de polipropileno en adobe estabilizado en Chulucanas mejoró las propiedades mecánicas de la resistencia a la tracción de forma significativa.

La incorporación de fibra de polipropileno en el adobe ha mostrado resultados positivos al mejorar significativamente su resistencia a la compresión. En este caso, se observó que la incorporación de un 3% de fibra de polipropileno aumentó la resistencia a la compresión a 23.70 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con la resistencia de 12.06 kg/cm<sup>2</sup> del adobe sin esta adicción. Estos ensayos demostraron que incrementa notablemente la resistencia del adobe. Sin embargo, el aumento de la fibra por encima de este porcentaje (3%) disminuyó la resistencia, lo que indica que existe un límite óptimo en la cantidad de fibra a incorporar. Al analizar los antecedentes, los estudios anteriores presentan resultados similares al encontrar beneficios mecánicos en el uso de refuerzos o estabilizantes en adobes tradicionales. Por ejemplo, Fresneda y Méndez (2019) también demostraron que la adición de un 3% de fibra de bagazo de caña mejora propiedades importantes del adobe, incluyendo la resistencia a la tracción, compresión y flexión, con



aumentos significativos de hasta un 25%. Estos autores demostraron que la incorporación de fibras también optimiza el comportamiento del adobe frente a cargas sísmicas, lo cual es relevante para estructuras en zonas vulnerables a sismos. De manera similar, Aponte y Rivas (2021) estudiaron el efecto de la fibra sintética de polipropileno y residuos de construcción en la resistencia del adobe, mostrando mejoras en compresión y tracción indirecta. Esto resalta la influencia positiva de los estabilizantes en la resistencia del adobe, aunque sin especificar una dosificación ideal como el 3% en el presente estudio. De la misma manera, Chávez y Quispe (2019) reportaron que la adición de plástico picado al 5% en adobes mejoró la resistencia mecánica en comparación con adobes tradicionales, aunque en una medida más moderada (2.85%). Los resultados coinciden en que la incorporación de materiales estabilizantes, en cantidades controladas (como el 3% de fibra de polipropileno), es efectiva para mejorar las propiedades mecánicas del adobe.

Los resultados alcanzados muestran que la incorporación de un 5.0% de fibra de polipropileno en el adobe mejora notablemente su resistencia a la flexión, alcanzando 13.04 kg/cm<sup>2</sup>, un incremento significativo en comparación con el adobe tradicional. Sin embargo, al exceder este 5%, la resistencia a la flexión disminuye, indicando que existe un límite óptimo en la cantidad de fibra a utilizar. Comparando con estudios previos, Fresneda y Méndez (2019) observaron mejoras similares en flexión, tracción y compresión al incorporar un 3% de fibra de bagazo de caña, lo que también favoreció la respuesta sísmica del adobe. Del mismo modo, Chávez y Quispe (2019) encontraron que la adición de un 5% de plástico mejoró el comportamiento físico-mecánico del adobe.

Los valores obtenidos en el ensayo de variabilidad dimensional del adobe con un 1.5% de fibra de polipropileno muestran una variación moderada respecto a las dimensiones de diseño: un 2.75% en la longitud, 4.50% en el ancho y 1.29% en la altura. Estas desviaciones indican que la incorporación de fibra de polipropileno permite una



fabricación de adobe con dimensiones relativamente consistentes, lo cual es importante para la calidad y uniformidad en construcciones. En comparación con los estudios previos, Chávez y Quispe (2019) también observaron mejoras en el comportamiento físico del adobe al incorporar materiales reciclados como plástico molido, lo cual se relaciona con una mayor estabilidad dimensional. Asimismo, Chuquillanqui (2019) manifestó que la incorporación de fibra de polipropileno mejora el desempeño en cuanto a alabeo y variabilidad dimensional en adobes, que coinciden con los hallazgos actuales al confirmar la capacidad del polipropileno para optimizar las propiedades físicas del adobe. Aunque Quijano (2022) no abordó directamente la variabilidad dimensional, sus resultados refuerzan la idea de que las adiciones, tanto sintéticas como naturales, contribuyen a mejorar el desempeño del adobe en términos de calidad estructural.

De acuerdo a los datos procesados, el ensayo de alabeo en unidades de adobe con un 1.5% de fibra de polipropileno mostró una disminución notable en la deformación del material, evidenciada por un alabeo promedio de 2.66 mm en la cara cóncava y 0.38 mm en la convexa, lo que representa una reducción de 19.58% en comparación con el adobe tradicional. Este hallazgo muestra que la fibra de polipropileno contribuye a estabilizar la forma del adobe, reduciendo su tendencia a deformarse con el tiempo o bajo condiciones variables de humedad. Gómez y Almonacid (2024) lograron una mejoría en la estabilidad estructural al incorporar fibras de bagazo de caña, que redujo el alabeo y mejoró la respuesta del adobe a fuerzas externas, especialmente sísmicas. Chuquillanqui (2019) también encontró que el polipropileno optimiza el desempeño dimensional del adobe, minimizando problemas como el alabeo y contribuyendo a su estabilidad estructural. Estos antecedentes confirman que la adición de fibras, en particular de polipropileno, reduce el alabeo del adobe, mejorando su uniformidad y durabilidad en aplicaciones constructivas.



Los valores registrados del ensayo de resistencia a la absorción en unidades de adobe con un 1.5% de fibra de polipropileno muestran que la adición de esta fibra mejora la reducción a la absorción en comparación con el adobe tradicional, al reducir la absorción de agua y aumentar la estabilidad del material ante condiciones de humedad. Esto implica que el adobe modificado con polipropileno es menos susceptible a la degradación por humedad. Este indicador es fundamental para su durabilidad en climas húmedos. Baez (2022) observó una mejora similar en la disminución de la absorción de agua en adobes con adiciones de fibra de queñoa, contribuyendo con la estabilidad y resistencia de la estructura. Por otra parte, la investigación de Chuquillanqui (2019) encontró que la incorporación de polipropileno mejoró las propiedades físicas del adobe, incluyendo la absorción, lo que respalda el hallazgo actual de que el polipropileno es efectivo para reducir la absorción de humedad. La incorporación de materiales fibrosos, como el polipropileno, aumenta la resistencia del adobe a la absorción de agua y, por tanto, mejora su viabilidad en construcciones expuestas a la intemperie.

## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La incorporación de fibra de polipropileno en el adobe tradicional en Puno ha demostrado un impacto positivo en la mejora de sus propiedades físicas y mecánicas. En términos de resistencia a la tracción, compresión y flexión, los resultados muestran un incremento significativo al agregar entre un 1.5%, 3.0% y 5.0% de fibra de polipropileno. Se optimizó la capacidad estructural del adobe, pero al adicionar más fibra, disminuye su resistencia. Asimismo, la fibra contribuye a una mayor consistencia en la variabilidad dimensional y reduce el alabeo, aspectos clave para la uniformidad y durabilidad del material. También se observó una mejora en la resistencia a la absorción de agua, en tanto se disminuye la susceptibilidad a la degradación por humedad y aumenta su viabilidad en climas húmedos. En conjunto, estos resultados confirman que la fibra de polipropileno es una adición eficaz para optimizar las características del adobe tradicional, haciendo este material más robusto y resistente para aplicaciones constructivas en el contexto de Puno.

**SEGUNDA:** Los resultados obtenidos en relación con el objetivo específico 1 han demostrado que la incorporación de un 1.5% de fibra de polipropileno mejora significativamente la resistencia a la tracción indirecta del adobe. Este incremento se refleja en un valor de 3.13 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con los 1.54 kg/cm<sup>2</sup> del adobe sin fibra, evidenciando un aumento notable en su desempeño mecánico. Sin embargo, se observó que adicionar más del 1.5% de polipropileno disminuye la efectividad, lo que confirma que este



porcentaje representa un nivel óptimo para maximizar los beneficios sin comprometer las propiedades del material.

**TERCERA:** Conforme al objetivo específico 2, los resultados obtenidos han demostrado que el uso de un 3.0% de fibra de polipropileno en adobe incrementó la resistencia a la compresión hasta 23.70 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con los 12.06 kg/cm<sup>2</sup> del adobe tradicional, evidenciando una mejora importante. Sin embargo, cantidades superiores al 3% disminuyeron la resistencia, indicando la existencia de una dosificación óptima para maximizar esta propiedad.

**CUARTA:** La incorporación de un 5% de fibra de polipropileno aumentó significativamente la resistencia a la flexión del adobe a 13.04 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con el adobe tradicional. El estudio mostró que exceder este porcentaje reduce la resistencia a la flexión, lo cual evidencia un punto óptimo en la cantidad de fibra a incorporar.

**QUINTA:** En el ensayo de variabilidad dimensional de acuerdo al objetivo específico 4, la adición de un 1.5% de fibra de polipropileno en el adobe resultó en variaciones moderadas respecto a las dimensiones de diseño: un 2.75% en longitud, 4.50% en ancho y 1.29% en altura. Esto indicó que la fibra de polipropileno contribuye a una fabricación de adobe con dimensiones más estables y consistentes, mejorando su uniformidad para aplicaciones en construcción.

**SEXTA:** Los resultados del ensayo de alabeo indicaron que el adobe con 1.5% de fibra de polipropileno presentó una reducción en la deformación, con un promedio de alabeo de 2.66 mm en la cara cóncava y 0.38 mm en la



convexa, lo cual representó una reducción del 19.58% en comparación con el adobe sin fibra. Esto mostró que la fibra de polipropileno ayuda a mantener la estabilidad de la forma del adobe, disminuyendo su tendencia a deformarse bajo condiciones de humedad.

**SÉPTIMA:** De acuerdo al objetivo específico 6, los resultados del ensayo de absorción revelaron que la adición de un 1.5% de fibra de polipropileno en el adobe reduce la absorción de agua, mejorando su estabilidad en condiciones de humedad. Esto indicó que el adobe modificado es menos propenso a la degradación por humedad, lo que incrementa su durabilidad y viabilidad en construcciones expuestas a la intemperie.



## VI. RECOMENDACIONES

- Emplear las fibras sintéticas de polipropileno principalmente para mejorar las propiedades mecánicas de las unidades de adobe con una dosis de 1.5% para la resistencia a tracción, con una dosis de 3.0% para la resistencia a compresión y con una dosis 5.0% para la resistencia a flexión, ya que ésta presentó los resultados más favorables en este estudio.
- De acuerdo con la investigación realizada, se recomienda incorporar un 1.5% de fibra de polipropileno en la mezcla para la fabricación de adobe, ya que este porcentaje ha demostrado reducir significativamente las variaciones dimensionales en longitud, ancho y altura, mejorando la estabilidad de las unidades. Esto garantizó una uniformidad superior en las dimensiones del adobe, haciéndolo más adecuado para aplicaciones en construcción donde la precisión y la estabilidad son esenciales. Adicionalmente, se sugiere implementar controles de calidad durante el proceso de fabricación para asegurar que las mejoras en la uniformidad dimensional se mantengan en producciones a mayor escala.
- Con respecto a la absorción, se recomienda incorporar un 1.5% de fibra de polipropileno en la mezcla para la fabricación del adobe, ya que este porcentaje reduce significativamente la absorción de agua, mejorando su resistencia a la humedad y aumentando su durabilidad en condiciones expuestas a la intemperie. Este beneficio hace que el adobe reforzado sea más adecuado para construcciones en zonas donde las lluvias o la humedad ambiental son frecuentes. Adicionalmente, se sugiere complementar esta mejora con recubrimientos protectores que refuercen la impermeabilidad, prolongando aún más la vida útil de las edificaciones construidas con este material.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceromafe. (2022). *aceromafe*. <https://www.aceromafe.com/propiedades-mecanicas-materiales/>
- Alberca, K., Dávila, B., Hoyos, L., Huaccha, H., Pérez, F., & Valdivia, J. (2010). *Sistema constructivo en madera, drywall*. scribd: <https://es.scribd.com/document/40511832/Sistema-Constructivo-en-Madera-Adobe-y-Drywall>
- Alfaro, C. S. (2019). *Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno, Tunanmarca - Jauja [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]*. Jauja, Perú: Repositorio Institucional UNCP. <https://doi.org/https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5553>
- Andina. (2022). *Agencia Peruana de Noticias*. <https://andina.pe/agencia/noticia-puno-lamentan-derrumbe-emblematica-torre-barro-saman-a-causa-lluvias-intensas-879698.aspx>
- Antay, A. (2020). *Evaluación comparativa de las propiedades físico-mecánicas de la unidad de adobe reemplazando paja por fibra de polipropileno, frente al adobe elaborado en el distrito de Saylla-Cusco*. ([Universidas Andina del Cusco] ed.). Cusco, Saylla: Repositorio Institucional UANDINA. [https://doi.org/https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4078/Alex\\_Tesis\\_bachiller\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://doi.org/https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/4078/Alex_Tesis_bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aponte, R. D., & Rivas, D. (2021). *Análisis de las Propiedades físico mecánicas del adobe estabilizado con fibras sintéticas de polipropileno y con RCD, Chulucanas 2021 [tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional UCV. <https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89440>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Episteme.
- Armas, C. (2016). Efectos de la adición de fibras de polipropileno sobre las propiedades plásticas y mecánicas del hormigón hidráulico. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(2). <https://www.civilmac.com/concreto/efectos-de-la-adicion-de->



fibras-de-polipropileno-sobre-las-propiedades-plasticas-y-mecanicas-del-  
hormigon-hidraulico/

- Baez Mamani, G. Y. (2022). *Análisis de las propiedades físico mecánicas del adobe reforzado con fibra de queñoa en el distrito de San Miguel, Juliaca - 2022*. [Universidad César Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/92238/Baez\\_MGY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/92238/Baez_MGY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Barrera Ríos , L. (2020). *Proceso para el mejoramiento del adobe*. Tunja. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/44188/2021lorenzobarrera.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Bartolomé, A., & Quiun, D. (2013). *Comportamiento sísmico de viviendas de adobe en los terremotos del 2001 y 2007 en Perú*. Universidad Católica del Perú, 1-8. <https://www.ceresis.org/descargas/adobe/comportamiento-sismico-de-viviendas-de-adobe-reforzadas.pdf>
- Blondet, M. (2015). *Casas sismoresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas*. (1ra edición) Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú . [https://doi.org/http://files.pucp.edu.pe/posgrado/wp-content/uploads/2015/09/24233900/Manual-Construcci%C3%B3n-Adobe-reforzado-con-mallas-de-Driza\\_-final.compressed.pdf](https://doi.org/http://files.pucp.edu.pe/posgrado/wp-content/uploads/2015/09/24233900/Manual-Construcci%C3%B3n-Adobe-reforzado-con-mallas-de-Driza_-final.compressed.pdf)
- Brajhan, J., & Percca , A. (2021). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74728>
- Briceño, L., & Marcos, A. (2019). *Efecto del porcentaje de la fibra tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión, absorción y estabilidad dimensional del adobe*. Trujillo.
- Brito, J., Santamaría, N., Macas, C., & Tasan, D. (2021). *Elaboración del adobe*. 1-10. [https://www.researchgate.net/publication/357260081\\_ELABORACION\\_DE\\_ADOBE\\_SOSTENIBLE](https://www.researchgate.net/publication/357260081_ELABORACION_DE_ADOBE_SOSTENIBLE)



- Camarena, A., & Díaz, D. (2022). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad del concreto tradicional versus un concreto utilizando escoria de acero como agregado fino*. 33(1), 1-15.  
[https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1856-95602022000100020](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1856-95602022000100020)
- Camarero, L., & Del Pino, J. (2021). *Ruralidad, agricultura y exclusión social los efectos de la desigualdad territorial*. 34(49), 1-24.  
[http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0797-55382021000200011](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0797-55382021000200011)
- Cardenas, J. (2019). *Prueba de sedimentación* 2.  
[https://pe.images.search.yahoo.com/search/images;\\_ylt=AwrFawjBDN9mgfQEfwR7egx.;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3BpdnM-?p=Prueba+de+sedimentaci%C3%B3n+para+elaboraci%C3%B3n+del+adobe&fr2=piv-web&type=E210PE91215G0&fr=mcafee#id=5&iurl=https%3A%2F%2Fi](https://pe.images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=AwrFawjBDN9mgfQEfwR7egx.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3BpdnM-?p=Prueba+de+sedimentaci%C3%B3n+para+elaboraci%C3%B3n+del+adobe&fr2=piv-web&type=E210PE91215G0&fr=mcafee#id=5&iurl=https%3A%2F%2Fi)
- Castro, C. R. (2020). *Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe, Perú 2020: una revisión de la literatura científica*. ([. P. Norte], Ed.)  
[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26160/Trabajo%20de%20investigaci%C3%B3n\\_TOTAL.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26160/Trabajo%20de%20investigaci%C3%B3n_TOTAL.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Catalán, R. (2018). *Construcción con tierra*.  
[https://oa.upm.es/51489/1/TFG\\_Catalan\\_Diez\\_Raquel.pdf](https://oa.upm.es/51489/1/TFG_Catalan_Diez_Raquel.pdf)
- Ccansaya, M. (2022). *Modelamiento estructural y deformaciones laterales en viviendas con muros de adobe reforzado en la comunidad de Machallata, Paucarcolla, Puno 2021*. ([. C. Vallejo], Ed.)  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/105975/Ccansaya\\_CMA%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/105975/Ccansaya_CMA%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ceplan, C. (2023). *Eventos climáticos extremos y su impacto en el Perú*.  
<https://www.gob.pe/institucion/ceplan/noticias/728862-eventos-climaticos-extremos-y-su-impacto-en-el-peru>



- Chavez, W. Y., & Quispe, J. L. (2019). *Evaluación del comportamiento físico mecánico de la unidad de albañilería de adobe con adición de botellas de plástico picado en la ciudad del Cusco, 2018 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]*. Repositorio Institucional UNSAAC. [https://doi.org/https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4300/253T20190379\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://doi.org/https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4300/253T20190379_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chuna, A. (2020). *Elaboración del adobe adicionando cal y fibra de eucalipto para mejorar las propiedades mecánicas y termodinámicas, Chonta - Huancayo, Lima 2020*. [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53669>
- Chuquillanqui, S. J. (2019). *Influencia de las incorporación de fibra de polipropileno para mejorar las propiedades físicas – mecánicas del adobe [tesisd e pregrado, Universidad Peruana los Andes]*. Repositorio Institucional UPLA. <https://doi.org/https://docplayer.es/217545612-Tesis-influencia-de-la-incorporacion-de-fibra-de-polipropileno-para-mejorar-las-propiedades-fisicas-mecanicas-del-adobe-presentado-por.html>
- Chuya, E., & Ayala, M. (2018). *Comparacion de parametros mecanicos y fisicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio*. Cuenca - Ecuador: Universidad de Cuenca
- Cornejo, L. (2018). *Nuevas tecnologías y materiales*. <https://nuevatecnologiasymateriales.com/fibras-de-polipropileno/>
- Cotrina, W. (2021). *Resistencia a la compresión, flexión y absorción del adobe compactado, adicionando fibra de fique*. [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27736/Cotrina%20Villanueva%2c%20Wilson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cruz, T., Puig, T., Alcalá Martínez, R., Cabadas Báez, H., Gama Castro, J. E., Jasso Castañeda, C., Vilanova de Allende, R. (2012). *Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica*. 64(2), 1-10. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-33222012000200003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222012000200003)



- Dagnino, J. (2014). *Inferencia estadística: pruebas de hipótesis*. 43(2), 1-10.  
<https://revistachilenadeanestesia.cl/inferencia-estadistica-pruebas-de-hipotesis/>
- Delgado, L. (2020). *¿Cuáles son los beneficios de utilizar fibras de polipropileno en la construcción?*. (págs. 1-8). <https://obrasexpert.com/fibras-polipropileno/>
- Díaz, J. (2018). *Propiedades mecánicas y absorción del adobe compactado al incorporar polímero natural de penca*. Cajamarca.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14159>
- Dominguez, S. (2018). *Magnitud del efecto para pruebas de normalidad en investigación*. 7(27), 1-2. <https://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v7n27/2007-5057-iem-7-27-92.pdf>
- Fernández, P., & Vallejo, G. (2014). *Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales*. 30(2).  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-97282014000200039](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-97282014000200039)
- Flores , C., & Flores, K. (2021). *Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov*. 23(2), 1-24. [https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Flores-Tapia/publication/371337094\\_Pruebas\\_para\\_comprobar\\_la\\_normalidad\\_de\\_los\\_datos\\_en\\_procesos\\_productivos\\_Anderson-Darling\\_Ryan-Joiner\\_Shapiro-Wilk\\_y\\_Kolmogorov-Smirnov/links/647f577b2cad460a1bf9fda4/Pruebas-](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Flores-Tapia/publication/371337094_Pruebas_para_comprobar_la_normalidad_de_los_datos_en_procesos_productivos_Anderson-Darling_Ryan-Joiner_Shapiro-Wilk_y_Kolmogorov-Smirnov/links/647f577b2cad460a1bf9fda4/Pruebas-)
- Flores, H. (2007). *Uso de fibras sintéticas en la mejora de la resistencia de bloques de adobe*. Lima, [Universidad Nacional de Ingeniería].
- Fresneda, S., & Mendez, J. (2019). *Impermeabilizante natural a partir de la ceniza cascarilla de arroz para muros en adobe*. Bogotá: Universidad la Gran Colombia.  
<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5567/MONOGRAFIA%20MENDEZ%20Y%20FRESNEDA%20G11%20PTCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Gallardo. (2016). *prezi*. <https://prezi.com/fvglm1qmimgwc/ventajas-y-desventajas-de-las-viviendas-segun-su-material-de/>
- Gama, J., Cruz, T., Pi , T., Alcalá, R., Cabadas, H., Jasso, C., Vilanova, R. (2012). *Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica*. *Scielo*, 64(2), 1-12. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-33222012000200003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222012000200003)
- Garcia, A. (2023). *studocu*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-de-ciencias-aplicadas/materiales-de-construccion/fisicas-y-mecanicas-del-adobe/54388109>
- García, J., & Sánchez, P. (2020). *Diseño teórico de la investigación: instrucciones metodológicas para el desarrollo de propuestas y proyectos de investigación científica*. *Información tecnológica*, 31(6), 1-12. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642020000600159](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000600159)
- Gomez Rúa, A. D., & Almonacid Torres, G. E. (2024). *Propuesta de mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe utilizando fibras de bagazo de caña de azúcar y un sistema de drizas para mejorar la respuesta sísmica de las viviendas en concepción, Junín*. Lima. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/673153/Gomez\\_RA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/673153/Gomez_RA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gómez, G., Sepúlveda, R., & García , N. (2012). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería*. 22(1), 43 - 58. <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v22n1/v22n1a03.pdf>
- Goyeneche, A. (2011). *arqalexg*. <https://arqalexg.blogspot.com/2011/10/el-adobe.html>
- Granados, C. (2022). *Claudia Ximena Granados Muñoz, especialista en contratación pública, profesora asociada al programa de ingeniería civil, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio, Colombia*. Universidad Cooperativa de Colombia.



<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/1ec57717-a2c1-4967-95d0-f7750e3827dd/content>

Guerra, J. (2022). *Análisis de vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe para la mitigación de desastres provincia de Chucuito – Puno – 2022.*

Guerrero, M. (2019). *Alternativas de estabilización del adobe para disminuir su contracción volumétrica y agrietamiento.* Bogotá.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/1efc566e-b412-4d79-9561-e1fa6960c806/content>

Guevara, R. (2024). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del adobe agregando fibra de plátano y viruta de madera.* [Universidad Deñor de Sipán].  
[https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=AwrigIur90RndwcRTMd7egx.;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1733782699/RO=10/RU=https%3a%2f%2frepositorio.uss.edu.pe%2fbitstream%2fhandle%2f20.500.12802%2f12694%2fGuevara%2520Garcia%2520Roymer%2520Ely.pdf%3fs](https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrigIur90RndwcRTMd7egx.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1733782699/RO=10/RU=https%3a%2f%2frepositorio.uss.edu.pe%2fbitstream%2fhandle%2f20.500.12802%2f12694%2fGuevara%2520Garcia%2520Roymer%2520Ely.pdf%3fs)

Hoyos, C. (2020). *Influencia de la fibra vegetal ichu en la resistencia de adobes estabilizados con cal al 20% .* [Universidad Nacional de Cajamarca].  
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4004>

INEI. (2017). *Características de las viviendas particulares y los hogares.* Instituto Nacional de Estadística e Informática.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf)

Infobae. (2021). *Nuevo reporte tras terremoto de 7,5 grados en Amazonas.*  
<https://www.infobae.com/america/peru/2021/12/01/amazonas-advierten-que-rio-utubamba-podria-desbordarse-tras-terremoto-de-75-grados/>

Instituto Geofísico del Perú. (2020). *gob.pe.*  
<https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/168024-igp-a-50-anos-del-terremoto-de-1970-debemos-seguir-trabajando-por-una-cultura-de-prevencion>

Irías, A. (2013). *Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras.* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnico de Madrid] Repositorio de la



UPM.

[https://doi.org/https://oa.upm.es/19998/1/Tesis\\_master\\_Ana\\_Sofia\\_Irias\\_Pineda.pdf](https://doi.org/https://oa.upm.es/19998/1/Tesis_master_Ana_Sofia_Irias_Pineda.pdf)

Jaguaco, S. (2007). *Proyecto previo a la obtención del título de tecnólogo en administración en proyectos de la construcción*.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1242/1/CD-0508.pdf>

Loayza, E., & Quispe, M. (2022). *Adición de la fibra de Matara para mejorar las propiedades físico mecánicas del adobe para viviendas, Puno - 2022*. [Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97902>

Lopez, d. (2014). *prezi*. <https://prezi.com/pwq1iwxad92g/propiedades-fisicas-quimicas-y-mecanicas-del-acero/>

Luque, H. W. (2022). *Análisis de las propiedades físico mecánicas del adobe con incorporación de agregados reciclados en la ciudad de Juliaca, Puno 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional UCV.  
<https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88774>

Martínez, G., & Cortés, M. (2016). *Metodología para el análisis de correlación y concordancia en equipos de mediciones similares*. 8(4), 1-6.  
[http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202016000400008](http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000400008)

Martínez, K. (2016). *Mejoramiento de la elaboración del adobe como material de construcción para viviendas unifamiliar*. págs. 1-133.  
[https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=Awrirv0.6.FmhyoK34d7egx.;;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzUEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1726110654/RO=10/RU=https%3a%2f%2frepositorio.uap.edu.pe%2fbitstream%2fhandle%2f20.500.12990%2f379%2fTesis\\_Mejoramiento\\_Adobe\\_Construcci%25C3%25B3n](https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awrirv0.6.FmhyoK34d7egx.;;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzUEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1726110654/RO=10/RU=https%3a%2f%2frepositorio.uap.edu.pe%2fbitstream%2fhandle%2f20.500.12990%2f379%2fTesis_Mejoramiento_Adobe_Construcci%25C3%25B3n)

Mejia, J. (2018). *Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]*. Repositorio Institucional UCUENCA.



<https://doi.org/https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29382/1/BTC%20CON%20AGREGADOS%20DE%20RCD%20PARA%20BIBLIOTECA%2020180116.pdf>

Mendoza, E. (2020). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del adobe reforzado con fibra de caña y el adobe convencional, Carabayllo - 2019*. Lima: [Universidad César Vallejo].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/61735/Mendoza\\_MER-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/61735/Mendoza_MER-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Minke, G. (2006). *Design and Technology of a Sustainable Architecture, Building with Earth*.  
[https://www.academia.edu/68778205/Building\\_with\\_Earth\\_Design\\_and\\_Technology\\_of\\_a\\_Sustainable\\_Architecture](https://www.academia.edu/68778205/Building_with_Earth_Design_and_Technology_of_a_Sustainable_Architecture)

Minke, G. (2014). *Construcción con tierra: técnicas y materiales*. México: UNAM.

Montenegro, M. S. (2019). *Caracterización del adobe reforzado con fibras naturales y artificiales para la recuperación de construcciones tradicionales en la Comuna de Zuleta [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]*. Quito, Ecuador: Repositorio Institucional UCE.  
<https://doi.org/http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17674>

Muñoz, D. (2023). *Le contamos qué es el polipropileno (PP) y sus diferentes aplicaciones en el mercado*. <https://www.plastico.com/es/noticias/polipropileno-que-es-y-sus-caracteristicas>

Norma E.080. (2017). *Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada*. Perú.  
[https://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=109376](https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376)

NTP 339.127. (2019). *NTP 339.127. 1-17*.  
<https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3391271998-revisada-el-2019-contenido-de-humedad/34415052>



- NTP 339.128. (2019). *NTP 339.128 Granulometria por tamizado y por sedimentacion 2019*. 1-31. <https://es.slideshare.net/slideshow/ntp-339128-granulometria-por-tamizado-y-por-sedimentacion-2019/250459521>
- NTP 339.604. (2015). *NTP 339.604 Unidades de albañilería*. 1-1. <https://es.scribd.com/document/557527189/22136-399-604>
- NTP 399.613 y 399.604. (2005). *NTP 399.613 y 399.604*. 1-10. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-union/albanileria/ntp-399-613-ntp-399613-y-399604/38029923>
- Olea, F. (2016). *Test t-Student*, 1-35. <https://www.ugr.es/~fmocan/MATERIALES%20DOCTORADO/testt2016.pdf>
- Ortega, R. (2019). *NTP 339.129.1998 (revisada el 2019) - Limites DE Atterberg*. 1-36. <https://es.scribd.com/document/648453532/ntp-3391291998-revisada-el-2019-limites-de-atterberg-2>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio- International Journal of Morphology*, 35(1), 1-6. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022017000100037](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037)
- Peralta, G. (2010). *Resistencia a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas- influencia del tipo de tarrajeo*. págs. 1-50. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/191/PERALTA\\_GONZALO\\_RESISTENCIA\\_FLEXION\\_MUROS\\_ADOBE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/191/PERALTA_GONZALO_RESISTENCIA_FLEXION_MUROS_ADOBE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Portillo, G. (2023). *renovablesverdes*. <https://www.renovablesverdes.com/que-es-el-adobe/>
- Portillo, G. (2024). *Qué es el adobe*. <https://www.renovablesverdes.com/que-es-el-adobe/>
- Quijano, A. (2022). *Estudio del mejoramiento de propiedades físicas y mecánicas del adobe agregando adiciones naturales en su proceso de fabricación*. Chiclayo. [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5103/3/TIB\\_QuijanoValderaArl yn.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5103/3/TIB_QuijanoValderaArl yn.pdf)



- QuimiNet . (2012). *quiminet*. <https://www.quiminet.com/articulos/el-uso-de-la-fibra-de-polipropileno-en-el-concreto-2678410.htm>
- Rhoton, S. (2023). *significados*. <https://www.significados.com/propiedad-fisica/>
- Ricardo, D. (2023). *Polipropileno: qué es y sus características*. <https://www.plastico.com/es/noticias/polipropileno-que-es-y-sus-caracteristicas>
- Rivera, A. M. (2020). *Análisis y evaluación de las propiedades mecánicas en plaqueta prefabricada de concreto con refuerzo en macro fibras de polipropileno [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas]*. Villavicencio, Ecuador : Repositorio Institucional USTA. <https://doi.org/https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33835/2021/anarivera.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Rivera, J. (2023). *Resistencia de materiales, (págs. 1-174)*. [https://prometeo.matem.unam.mx/recursos/VariosNiveles/iCartesiLibri/recursos/Resistencia\\_de\\_Materiales/index.html](https://prometeo.matem.unam.mx/recursos/VariosNiveles/iCartesiLibri/recursos/Resistencia_de_Materiales/index.html)
- Robles, A. (2022). *Elaboración de bloques de adobe con fibras de bagazo de caña y agregado de nopal para mejorar la resistencia a compresión y durabilidad*. [Instituto Tecnológico de Colima]. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/6063/1/tesis.pdf>
- Rodrigo, R. (2024). *Material de Adobe: Historia, construcción y arquitectura*. <https://estudyando.com/material-de-adobe-historia-construccion-y-arquitectura/>
- Rubiños, A. (2009). *Propuesta de reconstrucción post-terremoto de viviendas de adobe reforzado*. Pisco.
- Ruiz, M., & Serrano, H. (2024). *Del agave a la arquitectura en tierra. Aprovechamiento de fibras naturales de los desechos de la agroindustria en la fabricación del adobe biocompósito*. [https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=Awrji8af.kRnMIAQXO57egx.;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1733783456/RO=10/RU=https%3a%2f%2fdialnet.unirioja.es%2fdescarga%2farticulo%2f9377388.pdf/RK=2/RS=Jy9oGpXGSf2hv3i4Wyn346oL3x0-](https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awrji8af.kRnMIAQXO57egx.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1733783456/RO=10/RU=https%3a%2f%2fdialnet.unirioja.es%2fdescarga%2farticulo%2f9377388.pdf/RK=2/RS=Jy9oGpXGSf2hv3i4Wyn346oL3x0-)



- Ruiz, R. (2007). *El Método Científico y sus Etapas, 1-79*. <https://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>
- Sánchez, A., & Alonso, E. (2021). *Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jojutla, Morelos, México, tras los sismos de 2017* ([Universidad de Guadalajara] ed.). <https://doi.org/https://doi.org/10.32870/rvcs.v2i10.162>
- Sánchez, A., Alonso, E., & López, M. d. (26 de Marzo de 2021). *Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jojutla, Morelos, México, tras los sismos de 2017*. Redalcy, 14-16. <https://www.redalyc.org/journal/6651/665170467001/665170467001.pdf>
- Sánchez, E. (2023). *Análisis de las propiedades mecánicas del adobe elaborado con fibras de yute*. [Universidad Señor de Sipán].
- Scaletti, H. (2007). *Evaluación de Estructuras de Adobe Estructuras de Adobe*. I Curso Alemania-México-Perú, págs. 1-27. [https://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2019/12/h\\_scaletti.pdf](https://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2019/12/h_scaletti.pdf)
- Supo, H. (2018). *El adobe sigue siendo el material de construcción más usado en la región Puno, (págs. 1-4)*. <https://diariocorreo.pe/edicion/puno/el-adobe-sigue-siendo-el-material-de-construccion-mas-usado-en-la-region-puno-852880/>
- Tapial. (2013). *Sistema constructivo de adobe - tapial, págs. 1-25*. [https://www.udc.es/files/dhabitat/pcr/pcr2010/Ficha\\_tecnica\\_adobe-tapial.pdf](https://www.udc.es/files/dhabitat/pcr/pcr2010/Ficha_tecnica_adobe-tapial.pdf)
- Torres, C., & Jorquera, N. (2018). *Técnicas de refuerzo sísmico para la recuperación estructural del patrimonio arquitectónico chileno construido en adobe. doi, 1-2*. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/5902/6983>
- Tovar, D. (2021). *globaplast*. <https://globaplast.com.mx/limitaciones-del-polipropileno/>
- Tovar, E. (2024). *Crecimiento comunitario a través de la arquitectura: maximizando recursos limitados para un impacto positivo*. <https://www.archdaily.mx/mx/1016774/crecimiento-comunitario-a-traves-de-la-arquitectura-maximizando-recursos-limitados-para-un-impacto-positivo>



- Usos de la fibra de polipropileno. (2014). *Usos de la fibra de polipropileno*.  
<https://www.ctres.mx/blog/usos-de-la-fibra-de-polipropileno/>
- Valera, M. (2019). *Mejoramiento del adobe en sus propiedades físicas y mecánicas agregándole fibra de viruta en su composición*. Chiclayo.  
[https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3151/3/TIB\\_ValeraGarateMiguel1.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3151/3/TIB_ValeraGarateMiguel1.pdf)
- Vallejos, D. (2023). *Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas del Adobe Incorporando Fibras de Polipropileno*. Pimentel: [Universidad Señor de Sipán].  
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11871>
- Vargas, J. (2018). *Normas de tierra : Ensayos de tracción Indirecta*, págs. 1-8.  
[https://craterre.hypotheses.org/files/2018/05/TERRA-2016\\_Th-4\\_Art-133\\_Vargas-Neumann.pdf](https://craterre.hypotheses.org/files/2018/05/TERRA-2016_Th-4_Art-133_Vargas-Neumann.pdf)
- Veiga, J., & Fuente, E. (2008). *Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño*, 54(210), 1-8.  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0465-546X2008000100011](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2008000100011)
- Vilchez, J. (2020). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto usando agua de mar*.  
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8256/Vilchez%20Becerra%20Jorge%20Luis.pdf?sequence=1>
- Villanueva. (2016). *Influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto*, (págs. 1-318). <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10491>
- Viza, D. (2016). *Ventajas y desventajas de la construcción del adobe*.  
<https://es.scribd.com/document/161748392/Ventajas-y-desventajas-de-la-construccion-con-Adobe>



## ANEXOS

**ANEXO 1.** Matriz de consistencia

**ANEXO 2.** Acopio de material para elaborar los adobes

**ANEXO 3.** Selección y zarandeo de la arcilla para el proceso de preparación del  
mezclado

**ANEXO 4.** Preparación del lugar para el amasado de la muestra

**ANEXO 5.** Prueba de la sedimentación

**ANEXO 6.** Prueba de la cintilla

**ANEXO 7.** Prueba de la bolita

**ANEXO 8.** Proceso de elaboración del adobe tradicional con fibra de polipropileno

**ANEXO 9.** Adobe tradicional con fibras de polipropileno

**ANEXO 10.** Unidades de adobe tradicional con 0.5% de fibra de polipropileno

**ANEXO 11.** Unidades de adobe tradicional con 1.0% de fibra de polipropileno

**ANEXO 12.** Unidades de adobe tradicional con 1.5% de fibra de polipropileno

**ANEXO 13.** Unidades de adobe tradicional con 3.0% de fibra de polipropileno

**ANEXO 14.** Unidades de adobe tradicional con 5.0% de fibra de polipropileno

**ANEXO 15.** Unidades de adobe tradicional con 7.0% de fibra de polipropileno

**ANEXO 16.** Secado de los adobes con los porcentajes adicionados de fibra de  
polipropileno durante 28 días



**ANEXO 17.** Ensayos en laboratorio de las propiedades físicas del adobe tradicional incorporada con fibra de polipropileno

**ANEXO 18.** Ensayos en laboratorio de las propiedades mecánicas del adobe tradicional incorporada con fibra de polipropileno

**ANEXO 19.** Ficha técnica de la fibra de polipropileno

**ANEXO 21.** Datos numéricos de resistencia a compresión del adobe sin fibra, con los porcentajes de aditivos incorporados, procesados en el software SPSS

**ANEXO 22.** Datos numéricos de resistencia a flexión del adobe sin fibra, con los porcentajes de aditivos incorporados, procesados en el software SPSS

**ANEXO 23.** Datos numéricos de variabilidad dimensional, alabeo y absorción del adobe sin fibra, con los porcentajes de aditivos incorporados, procesados en el software SPSS

**ANEXO 24.** Cuadro de remuneraciones en construcción civil

**ANEXO 25.** Cálculo de incidencias del 01/06/2024 al 31/05/2025 – administración directa

**ANEXO 26.** Incidencias laborales y costos asociados al presupuesto de obra – administración directa

**ANEXO 27.** Cálculo del valor de la hora hombre para el periodo 2024 - 2025 – SNP – administración directa

**ANEXO 28.** Cálculo del valor de la hora hombre para el periodo 2024 - 2025 – SPP – administración directa



- ANEXO 29.** Cálculo de incidencias del 01/06/2024 al 31/05/2025 - contrata
- ANEXO 30.** Cálculo de días laborados, incidencias y costos laborales - contrata
- ANEXO 31.** Cálculo del valor de la hora hombre para el periodo 2024 - 2025 – SPP -  
contrata
- ANEXO 32.** Cálculo del valor de la hora hombre para el periodo 2024 - 2025 – SNP -  
contrata
- ANEXO 33.** Cálculo de incidencias del 01/06/2024 al 31/05/2025 - familiar
- ANEXO 34.** Análisis de incidencias laborales y costos proyectados para el período  
2024 - familiar
- ANEXO 35.** Análisis detallado de remuneraciones y beneficios laborales en  
construcción - familiar
- ANEXO 36.** Constancia de uso de equipos de laboratorio
- ANEXO 37.** Constancia de uso de equipos de laboratorio de mecánica de suelos
- ANEXO 38.** Declaración jurada de autenticidad de tesis
- ANEXO 39.** Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



## ANEXO 38. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Nely Roxana Ticona Gómez,  
identificado con DNI 71348804 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe  
incorporando fibra de polipropileno, Puno 2023."

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 13 de diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



### ANEXO 39. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional

	Universidad Nacional del Altiplano Puno		Vicerrectorado de Investigación		Repositorio Institucional
--	--	--	------------------------------------	--	------------------------------

**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Por el presente documento, Yo Nely Roxana Ticona Gómez,  
identificado con DNI 71348804 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe  
incorporando fibra de polipropileno, Puno 2023."

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

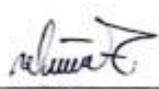
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 13 de diciembre del 2024


---

FIRMA (obligatoria)


---

HUELLA