

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Influencia del mucílago de nopal macerado para el mejoramiento de las
propiedades físicas y resistencia a la compresión del adobe como unidad de
albañilería, Tunsuya 2023.**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Presentado por:

Bach. Wendy Katia Aliaga Paredes

Asesor:

Dr.Ing. Hemerson Lizarbe Alarcón

Ayacucho-Perú

2024

RESUMEN

El enfoque de esta investigación es optimizar las características del adobe, un material de construcción comúnmente utilizado en la Sierra del Perú, especialmente en la comunidad de Tunsuya (Ayacucho), debido a su bajo costo y fácil disponibilidad.

Se fabricaron bloques de adobe con dimensiones de 25x13x10 cm, incorporando paja de 10 cm de longitud. Además, se reemplazó el agua por mucílago de nopal en los siguientes porcentajes con respecto al peso del agua: 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.

Se llevaron a cabo diversos ensayos en laboratorio particular AKHISE INGENIERA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.con RUC 20600160207 ubicado en la ciudad de Huamanga, dichos ensayos se realizaron tanto en el suelo como en el mucílago, también se realizaron pruebas en campo en las unidades de adobe convencionales y de esta manera comparar y validar los resultados de la investigación.

Después de la fabricación, los adobes fueron sometidos a un período de curado de 30 días. Sin embargo, los ensayos se llevaron a cabo a partir del séptimo día de curado, ya que aparentemente habían alcanzado un secado completo. Después de 7 días, se efectuó la prueba de Resistencia a la Compresión, a los 18 días también y mostró resultados ligeramente mejores. Tras 30 días, se llevaron a cabo pruebas de Variación Dimensional, Absorción, Succión, Resistencia a la Compresión y Erosión Acelerada Swinburne (SAET). Se observaron resultados superiores cuando se incrementaba el mucílago de nopal.

En conclusión, los resultados mostraron que la unidad estabilizada funcionó mejor que el adobe tradicional.

PALABRA CLAVES: Mucílago de nopal, estabilizado, Sustitución, Parcial, SAET, Adobe, Resistencia a la Compresión, Absorción, Erosión, Mejorado, Adobe Tradicional, UNE.

ABSTRACT

The focus of this research is on improving the properties of adobe, a construction material widely used in the Sierra del Perú, especially in the community of Tunsuya (Ayacucho), due to its low cost and availability.

Adobe blocks with dimensions of 25x13x10 cm were manufactured, incorporating 10 cm long straw. Additionally, the water was replaced with cactus mucilage, in the following percentages with respect to the weight of the water: 0%, 25%, 50%, 75% and 100%.

Various tests were carried out on both soil and mucilage, and mechanical and physical tests were carried out on conventional adobe units to compare and validate the research results.

After manufacturing, the adobes were subjected to a 30-day curing period. However, the tests were carried out from the seventh day of curing, since they had apparently reached complete drying. After 7 days, the Compression Strength test was carried out, also after 18 days and showed slightly better results. After 30 days, Swinburne Absorption, Suction, Compressive Strength and Accelerated Erosion (SAET) tests were carried out. Superior results were observed when the amount of cactus mucilage was increased.

In conclusion, the results obtained indicated that the stabilized unit showed better results compared to conventional adobe.

KEYWORDS: Nopal mucilage, stabilized, Replacement, Partial, SAET, Adobe, Compression Resistance, Absorption, Erosion, Improved, Traditional Adobe, UNE.

INTRODUCCIÓN

Desde hace siglos, la construcción de viviendas con adobes ha sido una práctica común en varias regiones del mundo. Sin embargo, su resistencia se ve comprometida, especialmente cuando se enfrenta a condiciones externas como lluvias, vientos y sismos. La rigidez y resistencia del adobe al entrar en contacto con la humedad se ven afectadas por las precipitaciones, que son un problema más común en países como Perú, con condiciones climáticas diversas, principalmente en las áreas rurales de bajos recursos.

A pesar de estas limitaciones, el adobe ha ganado popularidad como material de construcción debido a su sostenibilidad y bajo costo. Esto lo hace una opción atractiva, especialmente en áreas donde se utiliza la autoconstrucción. No obstante, el problema principal radica en su falta de estabilidad estructural, particularmente en el caso de eventos sísmicos, lo cual es una gran preocupación en Perú, por estar en el cinturón del pacífico.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal contribuir al mejoramiento de las unidades de albañilería, centrándose en el adobe mejorado con mucílago de nopal, por ello se propone la creación de un adobe impermeabilizado que incluya mucílago de nopal en su composición para mejorar estas deficiencias y tengan la capacidad para resistir el impacto erosivo causado por el agua, como las lluvias e inundaciones que se da en la localidad de Tunsuya y este material natural, presente en la región de la Sierra del Perú, protege el adobe del agua, lo que lo hace más resistente a la humedad y prolonga su vida útil. Esta investigación tiene como objetivo implementar el mucilago de nopal y dar a conocer sus propiedades y de esta manera ayudar a las comunidades que carecen de recursos para viviendas de mayor calidad, ofreciendo una alternativa sostenible y mejorada para enfrentar las condiciones climáticas adversas.

Se evaluó la resistencia a la compresión y, también, se llevaron a cabo ensayos físicos que incluyeron la Variación Dimensional, Absorción y Succión, con el fin de evaluar la erosión, todos ellos elaborados en el laboratorio particular AKHISE INGENIERA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.con RUC 20600160207 ubicado en la ciudad de Huamanga. Estos ensayos se basaron en la Norma Técnica Peruana del Adobe NTP E0.80, la Norma

Técnica Peruana del Ladrillo NTP 399.604, NTP 399.613, la Norma Española UNE 41410 y la Norma ASTM E2392.

Este proyecto es factible porque los materiales utilizados son fácilmente accesibles para los habitantes comunes de esta área. Además, la propagación y comprensión de esta técnica constructiva es bastante fácil de comunicar y captar. Finalmente, se realizaron análisis exhaustivos de todos los resultados de la investigación, que incluyeron gráficos, diagramas de barras y tablas comparativas.

En el CAPÍTULO I, se abordaron el Planteamiento del Problema, la Identificación del Problema, la Justificación e Importancia de la Investigación, las Limitaciones de la Investigación y los Objetivos de la Investigación.

En el CAPÍTULO II, se incluirá todo el Marco teórico, los Antecedentes de la Tesis y los Aspectos Teóricos.

En el CAPÍTULO III, se detallará toda la Metodología, que abarcará la Metodología de la Investigación, el Diseño de la Investigación, la Población y la Muestra, las Hipótesis, los Instrumentos utilizados, las variables y operacionalización de variables, Técnicas e instrumentos de recolección de datos, los Procedimientos de Análisis de Datos y el Desarrollo del trabajo de tesis.

En el CAPÍTULO IV, se presentarán los Resultados de todas las pruebas realizadas en el capítulo anterior, se realizará la contrastación de Hipótesis el análisis e interpretación de los mismos.

En el CAPÍTULO V, se detallarán las Conclusiones sobre el tema de la tesis, las Recomendaciones y trabajos futuros que se podrían realizar.

Finalmente, la Bibliografía y los Anexos incluirán Normas Técnicas, formatos y fotografías.

DEDICATORIA

Agradezco a la divinidad por otorgarme la salud y la fuerza necesarias para lograr mis metas.

Expreso mi aprecio a mi familia, mis padres Carlos y Isabel, por su inquebrantable amor y respaldo y por brindarme orientación en momentos desafiantes. Igualmente, les doy las gracias por su respaldo financiero, el cual posibilitó con éxito mi educación universitaria, y en especial, por confiar en mi investigación.

A mi querido Eithan, quien es mi inspiración y razón para esforzarme y mejorar cada día.

Agradezco a mis docentes, quienes generosamente compartieron sus vastos conocimientos a lo largo de nuestra trayectoria profesional, aprecio enormemente sus conocimientos y experiencia. Valorizo profundamente su paciencia, sus consejos, su dedicación y su respaldo.

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud, principalmente está dirigida a Dios Todopoderoso por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de esta maravillosa carrera.

A mi familia, que han sido siempre mi motor y motivo, los amo infinitamente.

Al ingeniero Hemerson Lizarbe Alarcón, mi reconocimiento por brindarme orientación, dedicación a través de valiosos asesoramientos, orientación y experiencia durante la ejecución de esta investigación.

Expreso mi gratitud al especialista de laboratorio especializado en suelos, quien dedicó su tiempo y supervisó los diversos ensayos llevados a cabo para la elaboración de esta tesis.

Agradezco a los docentes de la Universidad San Cristóbal de Huamanga, cuyos conocimientos y apoyo constante fueron fundamentales para la conclusión exitosa de este trabajo de investigación.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de esta investigación, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Ayacucho 2024

Aliaga Paredes Wendy Katia

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
INTRODUCCIÓN	iv
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
GLOSARIO:	xvii
SÍMBOLOS:	xix
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática (mundial, país, región).....	1
1.2. Delimitación del problema.....	5
1.2.1. Espacial (geográfica).....	5
1.2.2. Temporal	6
1.2.3. Temática y unidad de análisis	6
1.3. Formulación del problema.....	6
1.3.1. Problema general	6
1.3.2. Problemas específicos	6
1.4. Justificación e importancia	7
1.5. Limitaciones de la investigación.....	9
1.6. Objetivos.....	9
1.6.1. Objetivo general	9
1.6.2. Objetivos específicos.....	9
2. MARCO TEÓRICO:.....	10
2.1. Antecedentes:	10
2.1.1. Investigaciones Internacionales.....	10
2.1.2. Investigaciones Nacionales	14
2.2. Bases Teóricas	15
2.2.1. Adobe Convencional	16
2.2.2. Adobe Estabilizado:.....	24
2.2.3. Propiedades físicas del mucilago de nopal:	30

2.2.4.	Ensayos de Análisis y Control en el Laboratorio.	32
2.2.5.	Ensayos de Análisis y Control para Unidades de Adobe.....	39
2.2.6.	Resistencia a la Compresión en Unidades de Adobe.....	40
2.2.7.	Resistencia a la Erosión (Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET).	42
2.3.	Marco Conceptual	44
3.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1.	Enfoque.....	46
3.2.	Alcance (exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo)	46
3.3.	Diseño de investigación (tipos: experimental y/o no experimental).....	46
3.4.	Población y muestra.....	49
3.4.1.	Población.....	49
3.4.2.	Muestra	49
3.5.	Hipótesis.	51
3.5.1.	Hipótesis general.....	51
3.5.2.	Hipótesis Específicas.	51
3.6.	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional.....	51
3.7.	Técnicas e instrumentos.	52
3.7.1.	Técnicas	53
3.7.2.	Instrumentos de recolección.....	53
3.8.	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.	54
3.9.	Desarrollo Del Trabajo De Tesis:	56
3.9.1.	Procedimiento de Recolección de Datos:.....	56
3.9.2.	Ensayos Preliminares:.....	62
3.9.3.	Ensayo de Análisis y control para las unidades de Adobe:	70
3.9.4.	Elaboración de los adobes	84
3.9.5.	Ensayos de Análisis y Control del Adobe en Laboratorio	91
4.	RESULTADOS	111
4.1.	Contrastación De Hipótesis.....	111
4.2.	Análisis E Interpretación	132
5.	CONCLUSIONES	136
5.1.	Conclusiones	136
5.2.	Recomendaciones:	141
5.3.	Trabajos Futuros	143

REFERENCIAS.....	146
ANEXOS:	149

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Distribución Global de la Arquitectura de Adobe.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2. Gráfico del Tiempo en la región de Ayacucho.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3. Dimensiones del adobe entero y del medio adobe necesarios para la construcción de muros.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. Propiedades de los adobes.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5. Secado de los adobes.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6. Extracción de penca de tuna.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 7. Partes de la tuna.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 8. Mucilago de nopal.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9. Límites de Atterberg e Índices con ellos Asociados.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10. Cuchara y Plasticidad de Casagrande.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 11. Límites del Suelo.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12. Tamaño de Mallas en laboratorio.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 13. Símbolo de Grupos.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14. Símbolo de Grupos.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15. Fuerzas de compresión.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 16. Elaboración de equipo de Ensayo SAET.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 17. Diseño de ingeniería.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 18. Extracción de la primera muestra.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 19. Lugar de extracción de la segunda muestra.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 20. Extracción de pencas de nopal.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 21. Extracción de espinas de la penca de nopal.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 22. Lavado de penca de nopal.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 23. Picado de las pencas de nopal.....</i>	<i>59</i>

<i>Figura 24. Remojo de las pencas de nopal.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 25. Remojo de las pencas de nopal por 18 días</i>	<i>60</i>
<i>Figura 26. Remojo de las pencas de nopal por 18 días-resultado</i>	<i>61</i>
<i>Figura 27. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba de color.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 28. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba dental.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 29. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba olfativa</i>	<i>64</i>
<i>Figura 30. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba dental.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 31. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba del enrollado.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 32. Prueba de resistencia seca.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 33. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba de la botella</i>	<i>69</i>
<i>Figura 34. Muestras de suelo -Adobes de Prueba.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 35. Ensayo de copa de Casagrande</i>	<i>73</i>
<i>Figura 36. Límite Plástico.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 37. Límite Líquido.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 38. Límite Plástico.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 39. Granulometría de las muestras</i>	<i>78</i>
<i>Figura 40. Ensayo de Viscosidad.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 41. Diagrama de barras del Ensayo de Viscosidad.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 42. Gabera con dimensiones de 25cm x 10cm x13cm.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 43. Mezcla con mucílago de nopal.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 44. Elaboración de adobes</i>	<i>86</i>
<i>Figura 45. Elaboración de adobes</i>	<i>86</i>
<i>Figura 46. Protección de los adobes con plástico</i>	<i>87</i>
<i>Figura 47. Almacenamiento de los adobes para su secado.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 48. Almacenamiento de los adobes para su secado.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 49. Toma de medidas de los adobes con mucílago de nopal.</i>	<i>91</i>
<i>Figura 50. Adobe sumergido en agua</i>	<i>94</i>

<i>Figura 51. Adobe sumergido en agua</i>	<i>98</i>
<i>Figura 52. Adobe sumergido en agua</i>	<i>98</i>
<i>Figura 53. Ensayo a la compresión.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 54. Ensayo a la Compresión</i>	<i>107</i>
<i>Figura 55. Seleccionado aleatoriamente de los Adobes para el Ensayo de SAET</i>	<i>108</i>
<i>Figura 56. Detalles del equipo SAET.</i>	<i>108</i>
<i>Figura 57. Proceso del ensayo SAET.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 58. Proceso del ensayo SAET.</i>	<i>109</i>
<i>Figura 59. Diagrama de barras de la Resistencia a la Compresión</i>	<i>112</i>
<i>Figura 60. Diagrama de barras del Contenido de Humedad.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 61. Gráfica del Límite Líquido</i>	<i>115</i>
<i>Figura 62. Gráfica del Límite Plástico.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 63. Curva de la Granulometría del suelo.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 64. Abaco de Casagrande</i>	<i>119</i>
<i>Figura 65. Tabla de AASHTO</i>	<i>120</i>
<i>Figura 66. Gradación del Suelo.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 67. Grafica de viscosidad.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 68. Variabilidad Dimensional -Largo</i>	<i>125</i>
<i>Figura 69. Variabiliad Dimensional-Ancho</i>	<i>125</i>
<i>Figura 70. Variabilidad Dimensional-Altura</i>	<i>126</i>
<i>Figura 71. Ensayo de Absorción</i>	<i>127</i>
<i>Figura 72. Ensayo de Succión</i>	<i>128</i>
<i>Figura 73. Diagrama de barras del resultado del Ensayo de Compresión-Promedio.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 74. Diagramade barras de resultados del ensayo SAET</i>	<i>132</i>
<i>Figura 75. Diagramade barras del % de Variabilidad de Resistencia a la Compresión</i>	<i>137</i>
<i>Figura 76. Diagrama de barras de resultados del ensayo SAET</i>	<i>140</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Perú: Hogares censados con residentes, clasificados por el material predominante en las paredes, según distrito, en el año 2017.</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 2. Datos de precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas en Ayacucho.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 3. Ventajas pruebas a realizar para el correcto uso de las muestras de tierra.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4. Pruebas a realizar para el correcto uso del suelo-Ensayos de campo.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5. Ventajas y desventajas de utilizar el adobe convencional.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 6. Adobes de prueba.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7. Muestras a realizar.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 8. Número de unidades de muestras</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 9. Operacionalización de variables</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 10. Técnicas e instrumentos de recolección para cada objetivo específico.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 11. Cantidad de pencas de nopal extraídas</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 12. Cantidad de pencas y peso promedio de nopal extraído.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 13. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de color</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 14. Ensayos de campo para la elección del mejor suelo-Prueba dental.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 15. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba olfativa.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 16. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de brillo.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 17. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de enrollado</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 18. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de enrollado</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 19. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de la botella.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 20. Adobes de Prueba</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 21. Contenido de Humedad</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 22. Datos del Límite Líquido</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 23. Datos del Límite Plástico</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 24. Granulometría del suelo</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 25. Ensayo de Viscosidad</i>	<i>82</i>

Tabla 26.	Dosificación de agua y mucilago de nopal óptimos	88
Tabla 27.	Dosificación de agua y mucilago de nopal óptimos para 1 adobe para los diferentes porcentajes	89
Tabla 28.	Cantidad de materiales usados en adobes al 0% de mucílago de nopal.....	89
Tabla 29.	Cantidad de materiales usados en adobes al 25% de mucílago de nopal.....	89
Tabla 30.	Cantidad de materiales usados en adobes al 50% de mucílago de nopal.....	90
Tabla 31.	Cantidad de materiales usados en adobes al 75% de mucílago de nopal.....	90
Tabla 32.	Cantidad de materiales usados en adobes al 100% de mucílago de nopal.....	90
Tabla 33.	Medidas tomadas de los adobes con % de mucilago de nopal	92
Tabla 34.	Medidas tomadas de la absorción de los adobes con mucilago de nopal	95
Tabla 35.	Medidas tomadas de la Succión de los adobes con mucilago de nopal	97
Tabla 36.	Medidas tomadas de la Compresión de los adobes con mucilago de nopal	100
Tabla 37.	Medidas tomadas de la Compresión de los adobes con mucilago de nopal	102
Tabla 38.	Medidas tomadas de la Compresión de los adobes con mucilago de nopal	104
Tabla 39.	Resultados del Ensayo de SAET.....	110
Tabla 40.	Resultados de Variación Dimensional - Promedio.....	111
Tabla 41.	Resultados de ensayo de Absorción - Promedio.....	111
Tabla 42.	Resultados de ensayo de Succión - Promedio.....	112
Tabla 43.	Resultados de ensayo de Compresión-promedio.....	112
Tabla 44.	Resultado del Ensayo de campo para la selección del suelo	113
Tabla 45.	Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad.	114
Tabla 46.	Resultado del Ensayo de Límite Líquido	115
Tabla 47.	Resultado del Ensayo de Límite Plástico.....	116
Tabla 48.	Granulometría del suelo	117
Tabla 49.	Resultados de Viscosidades del Mucílago.....	121
Tabla 50.	Promedio de variabilidad con 0% de mucílago de nopal	123
Tabla 51.	Promedio de variabilidad con 25% de mucílago de nopal	123

Tabla 52.	<i>Promedio de variabilidad con 50% de mucílago de nopal</i>	123
Tabla 53.	<i>Promedio de variabilidad con 75% de mucílago de nopal</i>	124
Tabla 54.	<i>Promedio de variabilidad con 100% de mucílago de nopal</i>	124
Tabla 55.	<i>Resultados del Ensayo de Variabilidad dimensional de las muestras de adobe con diferentes porcentajes de mucílago de nopal</i>	124
Tabla 56.	<i>Resultados del Ensayo de Absorción</i>	127
Tabla 57.	<i>Resultados del Ensayo de Succión</i>	128
Tabla 58.	<i>Resultados del Ensayo de Compresión</i>	129
Tabla 59.	<i>Resultados de ensayo de SAET luego de 30 días.....</i>	131
Tabla 60.	<i>Resultados de ensayo de SAET – Promedio.....</i>	131
Tabla 61.	<i>Resultados de Variabilidad de Dimensiones – Promedio</i>	136
Tabla 62.	<i>Resultados de ensayo de Absorción - Promedio</i>	136
Tabla 63.	<i>Resultados de ensayo de Succión – Promedio</i>	137
Tabla 64.	<i>Resultados de % de variación en el ensayo de Resistencia a la Compresión.....</i>	137
Tabla 65.	<i>% de Variación en el ensayo SAET con respecto al Adobe Patrón</i>	140
Tabla 66.	<i>Análisis de Costos Unitarios con 0% de Mucílago de nopal</i>	143
Tabla 67.	<i>Análisis de Costos Unitarios con 25% de Mucílago de nopal</i>	143
Tabla 68.	<i>Análisis de Costos Unitarios con 50% de Mucílago de nopal</i>	144
Tabla 69.	<i>Análisis de Costos Unitarios con 75% de Mucílago de nopal</i>	144
Tabla 70.	<i>Análisis de Costos Unitarios con 100% de Mucílago de nopal</i>	145
Tabla 71.	<i>Costo por m²</i>	145

GLOSARIO:

1. Asentamiento: Refleja la manejabilidad o consistencia de una mezcla, particularmente en el caso de los hormigones, es decir, su capacidad de ser manipulada fácilmente.

2. Adobera: Recipiente utilizado para contener el adobe mientras está fresco, funcionando como gavera para la fabricación de adobes.

3. Adobe Estabilizado: Hace referencia a un tipo particular de adobe que incluye la adición de materiales como asfalto, cemento, cal, entre otros, con el fin de aumentar su resistencia a la compresión y mejorar su estabilidad ante la humedad.

4. Cantidad Óptima: Refiere a la cantidad de material que, al ser utilizada, mejora la calidad de una muestra o de un producto, generando resultados superiores en ensayos o pruebas específicas.

5. Cuarteo: Proceso de disminución del tamaño de una muestra, generalmente con el fin de facilitar su manejo o para llevar a cabo análisis específicos.

6. Curado: Proceso que se refiere a la capacidad de una unidad de adobe para secar evitando la exposición directa a la luz solar, con el propósito de lograr una mayor resistencia.

7. Deformación: Alteración o modificación en las dimensiones de una unidad de adobe, generalmente como resultado de fuerzas externas o factores ambientales.

8. Mucílago: Sustancia orgánica de textura pegajosa y gomosa, que se encuentra en algunas plantas y vegetales.

9. Paja: Material fibroso y seco que proviene de los tallos de ciertas plantas, utilizado a menudo en la construcción de adobes u otros materiales para mejorar sus propiedades.

10. Penca: Hoja grande y gruesa que se encuentra en la base de algunas plantas, utilizada a veces como material de construcción o como recurso para diferentes fines.

11. Resistencia: Capacidad de un material para soportar fuerzas o cargas sin deformarse o romperse.

12. Succión: Capacidad de absorción de un material, en este contexto particular, posiblemente referido a la capacidad de absorción de humedad de ciertos materiales de construcción.

13. Sustitución: Acción de reemplazar o cambiar un material por otro con propiedades similares o distintas, pero que cumple una función análoga.

14. Nopal: Fruto de la chumbera o nopal, conocido por sus propiedades nutritivas y por contener mucílago en su composición, que se puede utilizar en diversas aplicaciones, incluyendo la construcción.

SÍMBOLOS:

1. ": Pulgadas.
2. Ab: Absorción.
3. A: Área.
4. ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).
5. Cm: Centímetro.
6. Cm^2 : Centímetro cuadrado.
7. f'c: Resistencia a la compresión.
8. Gr: Gramos.
9. H: Altura.
10. Kg-F/cm^2 : Kilogramos fuerza por centímetro cuadrado.
11. Kg: Kilogramo.
12. L: Longitud.
13. m^3 : Metros cúbicos.
14. mm: Milímetros.
15. Poise: Unidad de medida de la viscosidad (1 gramo por centímetro por segundo).
16. Pa: Pascal (equivalente a 10 Poise).
17. R.N.E: Reglamento Nacional de Edificaciones.
18. S/.: Nuevos Soles (Moneda peruana).
19. UNE: Norma Española.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática (mundial, país, región).

Mundial

En muchos países expuestos a desastres naturales, la construcción con adobe ha sido una práctica arraigada desde tiempos remotos. Esta técnica se remonta a los primeros asentamientos humanos, donde las personas moldeaban bloques de tierra para construir sus viviendas, desarrollando con el tiempo un entendimiento de sus propiedades y formas de mejorarlas.

En Latinoamérica y otros lugares del mundo, el uso del adobe ha sido ampliamente utilizado a lo largo de los siglos. Su bajo costo de producción, la eficiencia energética de su fabricación, su contribución a la reducción de la contaminación mediante bajas emisiones de CO₂ y su excelente desempeño como aislante acústico son algunas de las razones por las que es tan popular. Este material no requiere tecnología sofisticada para su producción y posee cualidades ventajosas como aislante térmico. Además, es inerte y degradable bajo estabilización natural. ([Algara, et al., 2012](#))

Sin embargo, el adobe presenta problemas, como su susceptibilidad a las condiciones atmosféricas, que se evidencia en su estabilidad volumétrica, baja resistencia al agua y baja resistencia mecánica. Estos problemas causan capilaridad, deformaciones del suelo, fisuras y baja resistencia a la absorción. Se utilizó el análisis de agregados naturales en esta investigación para abordar el problema, con el objetivo de disminuir la permeabilidad y mejorar las propiedades mecánicas del adobe, siguiendo las normas reglamentarias aplicables a los bloques de adobe. ([García, 2017](#))

Este tipo de construcción históricamente ha sido utilizado principalmente por la población rural de bajos ingresos. La Enciclopedia Mundial de Vivienda (WHE), que recopila las prácticas de construcción en adobe de varios países, se considera una fuente útil. En 2003, el Earthquake Engineering Research Institute (EERI) creó esta enciclopedia con el objetivo de compartir experiencias de construcción y promover el uso de tecnologías. ([EERI, 2003](#))

Se cree que aproximadamente el 30% de la población global vive en hogares contruidos

con tierra. Además, en naciones en desarrollo, alrededor del 50% de la población, que incluye principalmente a residentes rurales y al menos un 20% de la población urbana y de asentamientos marginales, reside en viviendas de tierra. (Houben & Guillaud, 1994)

Figura 1. Distribución Global de la Arquitectura de Adobe



Fuente: Sensei, 2003

Nacional

En Perú, el uso de adobe se remonta a muchos siglos, y una gran cantidad de estas estructuras se han mantenido en el tiempo. Una de las construcciones que podemos mencionar es la Ciudad de Chan Chan, conocida como "La ciudad de barro más grande del América".

Dado que, en Cajamarca, tanto en las zonas urbanas como rurales, el adobe continúa siendo el material de construcción predominante, se enfrenta al problema de su incapacidad para resistir las fuerzas externas. Por lo tanto, se están investigando opciones a través de investigaciones efectivas para mejorar este material. La solución para obtener una mayor resistencia es estabilizar el adobe con otros materiales. Alfaro y Aliaga, 2022 afirman.

La presencia constante de fenómenos naturales como inundaciones, huaycos, deslizamientos y sismos se destacan en el territorio peruano. El adobe, un material de construcción popular en el país, no es muy resistente, particularmente a las precipitaciones. Sus propiedades de rigidez y resistencia disminuyen al exponerse al agua y la humedad, lo que provoca su deterioro. En el Perú, esta vulnerabilidad es más evidente debido a su clima diverso, lo que tiene un gran impacto en las áreas rurales. Dado que el ladrillo de

adobe es una opción económica y ecológica que no requiere habilidades especializadas para su fabricación, se construyen más casas en estas áreas. La alta demanda de vivienda en la ciudad de Cajamarca, particularmente en las áreas rurales, impulsa la búsqueda de alternativas. A pesar de que la mayoría de la población ha optado por abandonar la construcción con adobe, en las zonas rurales este material sigue siendo utilizado ampliamente, a pesar de su vulnerabilidad ante los temblores y su limitada resistencia debido a la falta de comprensión sobre el adobe reforzado. (Nieto & Tello, 2019)

Regional

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) ha publicado el libro titulado "Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos," basado en los resultados de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Este informe ofrece un análisis detallado de las características principales de las viviendas y hogares en todo el país, abarcando niveles nacional, departamental y distrital. Según el INEI (2018), el adobe ocupa la posición de segundo material de construcción más predominante en el contexto peruano.

Un ejemplo ilustrativo de esta tendencia se aprecia en la región de Ayacucho, donde diversas comunidades presentan predominantemente viviendas de estilo rústico, mayormente erigidas con adobe, según se especifica en la Tabla 1

Tabla 1. Perú: Hogares censados con residentes, clasificados por el material predominante en las paredes, según distrito, en el año 2017.

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	TOTAL, DE VIVIEN DAS PARTIC ULARE S	TIPO DE MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES					
				MATERIAL NOBLE		MATERIAL DE ADOBE O TAPIAL		MATERIAL PRECARIO	
				CIFRAS ABSOLUTAS	%	CIFRAS ABSOLUTAS	%	CIFRAS ABSOLUTAS	%
				64.90					
Ayacucho	Huamanga	Ayacucho	23260	15094	%	7815	33.60%	295	1.30%
Ayacucho	Cangallo	Paras	1294	10	0.80%	1125	86.90%	157	12.10%

Fuente: Adaptado de "Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos," por INEI, 2018.

Los suelos empleados en la elaboración del adobe generalmente consisten en arcilla, y a lo largo del tiempo, diversos factores externos como la lluvia facilitan la permeabilidad del agua a través del material. Estos agentes externos provocan alteraciones en la estructura del adobe, ya que su capacidad de absorción de agua lo vuelve maleable, resultando en una disminución de su resistencia tanto a la compresión como a la flexión. (Bolaños Rodríguez, 2016)

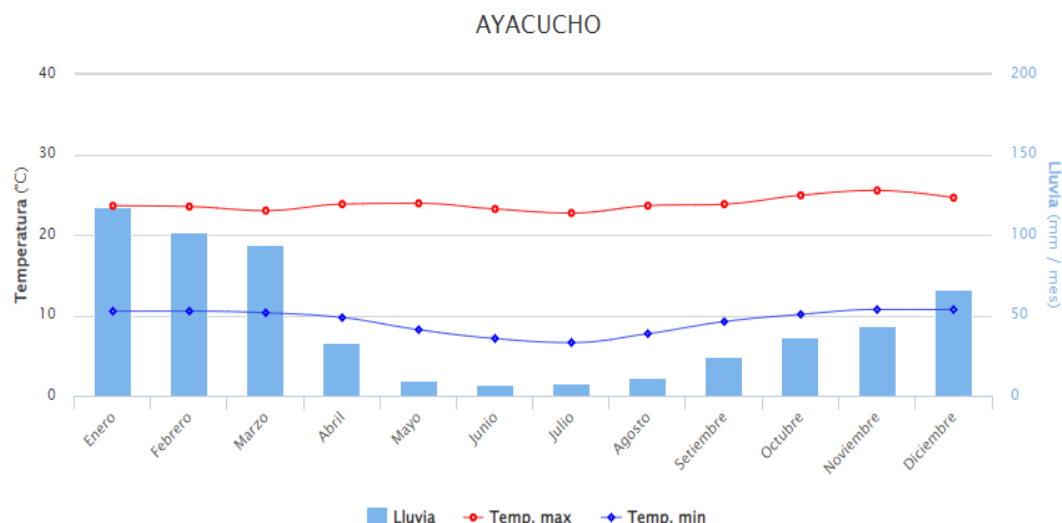
En el caso específico de Ayacucho, se observa que el mes más cálido es noviembre, con una temperatura máxima de 25.5°C, mientras que la temperatura más baja se registra en julio, alcanzando los 6.6°C. La mayor intensidad de lluvias se presenta en enero, con un promedio de 117.1 mm por mes. La Tabla 2 detalla las precipitaciones anuales en la región de Ayacucho. (Senamhi, 2020)

Tabla 2. Datos de precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas en Ayacucho.

Mes	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Precipitación (Lluvia) ML
ENERO	23.6	10.5	117
FEBRERO	23.5	10.5	102
MARZO	23	10.3	94
ABRIL	23.8	9.7	33
MAYO	23.9	8.2	9
JUNIO	23.2	7.1	7
JULIO	22.7	6.6	8
AGOSTO	23.6	7.7	12
SETIEMBRE	23.8	9.2	24
OCTUBRE	24.9	10.1	37
NOVIEMBRE	25.5	10.7	44
DICIEMBRE	24.6	10.7	66

Fuente: Adaptado de “Tiempo/Pronóstico del Tiempo,” por Senamhi, 2020.

Figura 2. Gráfico del Tiempo en la región de Ayacucho



Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ayacucho&p=pronostico-detalle>

Considerando la información presentada, se destaca la relevancia que adquiere la realización. Los hallazgos de este estudio son especialmente relevantes para los pueblos rurales con bajos recursos financieros, particularmente en lo que respecta a la construcción de sus hogares. En este contexto, se llevará a cabo una evaluación de la resistencia a la compresión de muestras de adobe convencional y de adobe estabilizado con mucílago de nopal macerado. La metodología incluirá el proceso de maceración a temperatura ambiente con el fin de validar los resultados que apuntan a mejorar la producción de adobe en Ayacucho, específicamente en el Centro Poblado de Tunsuya. Se explorarán diversas proporciones de mucílago de nopal en la mezcla con el objetivo de lograr una mayor resistencia y durabilidad en las construcciones, reduciendo así la vulnerabilidad frente a los desastres naturales que afectan cada vez con mayor intensidad en esta zona.

1.2. Delimitación del problema.

1.2.1. Espacial (geográfica)

Tendrá su desarrollo, principalmente, en el centro poblado de Tunsuya, que está ubicada a una altura de 3995m, 543838.00 m E coordenadas este y 8525837.00 m S coordenadas Sur, donde se concentra una gran cantidad de viviendas de adobe en la región Ayacucho y donde tenemos gran presencia de humedad casi en todos los meses del año por el clima de la zona.

La investigación inició en el año 2022 con las primeras visitas a campo, recopilación de información. En el 2023 e inicios del 2024 se realizará la parte experimental y redacción de tesis.

1.2.2. Temporal

La presente investigación se desarrollará en el presente año 2023 e inicios del 2024, por un periodo aproximado de 12 meses.

1.2.3. Temática y unidad de análisis

El análisis se realizará en el centro poblado de Tunsuya tomando como unidad de análisis los adobes en las que se evaluará las propiedades físicas y resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería cuando adicionamos mucílago de nopal macerado. Entre las posibles aplicaciones de estos adobes son: mejorar sus propiedades físicas para el suelo con ensayos en campo (resistencia seca, granulometría, peso específico y límites de Atterberg) y propiedades físicas para el nopal (densidad y viscosidad); aumentar su resistencia a la compresión, propiedades físicas (variación dimensional, succión y absorción) y erosión de los adobes e incentivar su uso en reemplazo de los adobes tradicionales.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Qué influencia tiene el uso del Mucílago de Nopal macerado para el mejoramiento en las propiedades físicas y resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Qué influencia tiene la dosificación del Mucílago de Nopal macerado en la variación dimensional del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023?
- ✓ ¿Qué influencia tiene la dosificación de acuerdo al tiempo de remojo del Mucílago de Nopal en la absorción y succión del adobe elaborado de forma tradicional como unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023?

- ✓ ¿Qué influencia tiene la dosificación del Mucílago de Nopal macerado en la resistencia a la compresión del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023?
- ✓ ¿Qué influencia tiene el mucilago de nopal en la impermeabilidad del adobe, en el centro poblado de Tunsuya en el 2023?

1.4. Justificación e importancia

➤ **Justificación social:**

La demanda por viviendas en Ayacucho, especialmente en la zona rural como el Centro Poblado de Tunsuya, genera la necesidad de explorar soluciones alternativas. Aunque en la actualidad la construcción con adobe está siendo abandonada en gran medida, en las áreas rurales persiste su uso de manera significativa.

➤ **Justificación metodológica:**

Con esta investigación, se busca potenciar el conocimiento sobre la resistencia a la compresión y absorción del adobe. El objetivo es emplear materiales ecológicos que logren igualar las propiedades de los materiales estándar, promoviendo así soluciones sostenibles mediante el uso de aditivos naturales, en este caso, mediante la incorporación de mucílago de nopal macerado.

➤ **Justificación Ambiental:**

El uso de polímeros naturales locales para mejorar el adobe representa una opción ecológica y sostenible que puede contribuir positivamente a la calidad de vida en las áreas rurales. (Galán-Marín et al., 2010)

A medida que la población mundial sigue aumentando y la gente sigue satisfaciendo sus necesidades básicas de vivienda, se hace cada vez más necesario promover técnicas de construcción que tengan un menor impacto en el ciclo de vida de la tierra. Los sistemas de construcción con tierra son un tipo de técnica que puede tener un impacto favorable en el ciclo de vida. (ASTM, 2023)

➤ **Justificación de la calidad del material:**

El uso del adobe junto con mucílago de nopal macerado se presenta como una solución efectiva para enfrentar los desafíos actuales. Esta combinación tiene el potencial de mejorar tanto las características físicas como la resistencia a la compresión del adobe. Con la orientación adecuada, es posible lograr beneficios significativos. Además, se requiere una investigación que aumente considerablemente la resistencia a la compresión del adobe al añadir mucílago de nopal macerado, en comparación con una mezcla tradicional de adobe. Para lograr esto, se realizarán pruebas de laboratorio estandarizadas que facilitarán la medición de los resultados y ofrecerán información sobre las alteraciones que ocurren.

➤ **Justificación económica:**

Adicionalmente, la propuesta conjunta ofrece un significativo beneficio económico, ya que los materiales necesarios para la implementación están fácilmente disponibles. Los habitantes no necesitan adquirir tierra, y el mucílago de nopal se encuentra en las áreas verdes del centro poblado. Además, se plantea la necesidad de llevar a cabo una investigación exhaustiva que incremente notablemente la resistencia a la compresión del adobe al agregar mucílago de nopal macerado, en comparación con una mezcla convencional de adobe. Para lograr esto, se llevarán a cabo ensayos de laboratorio estandarizados, permitiendo cuantificar los resultados y contribuir con conocimientos sobre las alteraciones que se producen al incorporar mucílago de nopal, se mejoran las propiedades físico-mecánicas del adobe. A medida que estos resultados se difundan, las familias que construyen sus viviendas con este material lo podrán realizar de manera más confiable y con un mejor material.

➤ **Justificación geotécnica:**

En realidad, la capa superior del suelo se considera inapropiada, principalmente debido a la presencia significativa de materia orgánica que se descompone, retiene agua y es altamente compresible. Un estudio sugiere que el suelo ideal debería contener menos del 20% de minerales de arcilla. Específicamente el contenido deseable de arcilla en los bloques de adobe utilizados en la estructura debería situarse entre el 12% y el 16% en

peso. La cohesión, identificada como la propiedad más crucial para propósitos de construcción, según indican (Charaja Pasihuan et al., n.d.), hace que la presencia de arcilla sea fundamental, ya que actúa como un aglutinante natural.

Además, el uso de mucílago de nopal macerado podría representar una solución efectiva para el control de la erosión en las paredes de adobe. Este aspecto será evaluado en los ensayos de erosión.

1.5. Limitaciones de la investigación

No se tendrá ninguna limitación ya que se cumple con los objetivos propuestos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el impacto del empleo de mucílago de nopal macerado en las propiedades físicas y la resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería, en el Centro Poblado de Tunsuya 2023.

1.6.2. Objetivos específicos

- ✓ Analizar la influencia de la dosificación del Mucílago de Nopal macerado en la variación dimensional del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023.
- ✓ Analizar la influencia de la dosificación de acuerdo al tiempo de remojo del Mucilago de Nopal adicionado en la absorción y succión del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023.
- ✓ Analizar la influencia de la dosificación del Mucílago de Nopal macerado en la resistencia a la compresión en una unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023.
- ✓ Analizar la influencia de la dosificación del Mucílago de Nopal macerado en la resistencia a la erosión del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023.

2. MARCO TEÓRICO:

2.1. Antecedentes:

2.1.1. Investigaciones Internacionales.

Aunque tiene una larga historia de uso, el adobe es considerado en algunos textos como una posible tendencia venidera. ([Ghavami, n.d.](#))

Las investigaciones de diversos materiales inorgánicos, como: cemento, cal, yeso y asfalto, para su uso como estabilizadores del adobe, con el propósito de mejorar sus propiedades de resistencia a la humedad ([Alam et al., 2015](#)). Además de ello, se llevó a cabo una investigación que abarca la compactación, la resistencia a la compresión y la capacidad de absorción en adobes comunes como ladrillos de adobe que han sido estabilizados mediante la adición de cal, miel y asfalto, con variadas proporciones en cada caso.

[Ysabel Sánchez et al., \(2010\)](#) evaluó la estabilización utilizando el nopal, clara de huevo y vaselina, combinadas con microfibras de papel, en grouts e barro. Por otro lado, ([Galán-Marín et al., 2010](#)) llevaron a cabo pruebas incorporando alginato, un polímero natural obtenido de las paredes celulares de algas pardas. Con respecto al uso del mucílago de nopal, ([Aranda-Jiménez & Suárez-Domínguez, 2014](#)) en su investigación nos dicen que el uso de mucílago en una solución acuosa ha sido tradicionalmente beneficioso para mejorar la cohesión en la producción de ladrillos de tierra comprimida (BTC), especialmente en la fabricación de adobe. Una ventaja significativa radica en el hecho de que, dado que el mucílago se encuentra en una concentración relativamente baja en la disolución, no se generan complicaciones al agregarlo a la mezcla de materiales para la creación de elementos como adobes o bloques de tierra comprimida.

Por otra parte, se determinó que el eco ladrillo, además de tener una estética atractiva, cumple con principios ecológicos y sostenibles. Esto se debe a que su proceso de fabricación demanda una cantidad mínima de energía y, adicionalmente, no genera emisiones de CO₂ a la atmósfera, dado que se trata de ladrillos que no necesitan ser cocidos, tal como se documenta en el estudio de ([Cabo Laguna aurkeztua, n.d.](#))

Además ([López-Gay et al., n.d.](#)) en su investigación realizada en nuevo León (México) nos comenta que es ambientalmente amigable al ser una fuente renovable y completamente reciclable. Se encuentra localmente y demanda pocos recursos extra, como la fabricación y transporte. Además, es no inflamable y ayuda a mantener una temperatura superficial cómoda. Estéticamente, ofrece texturas y colores naturales encantadores, siendo fácil de mantener.

Por otro lado, ([Roux Gutiérrez' & Santiago, n.d.](#)) en México-Tamaulipas utilizaron como refuerzo de ladrillos de adobe estabilizados con un 6% de cemento Portland, combinados con diversas proporciones de fibras de coco y dio resultados de mejora significativa de resistencia a la compresión en un 272.27% respecto a la normal.

Según ([Roux Guitierrez, n.d.](#)), aproximadamente el 80% de las estructuras en áreas rurales de naciones en desarrollo están hechas de adobe, en contraste con solo un 20% en áreas urbanas de países industrializados que optan por este material en sus construcciones. Asimismo, se realizó investigaciones del desarrollo del bloque de suelo para adaptarse a características urbanas con insumos de la región. Con respecto a las ventajas y desventajas.

([Savadoغو et al., 2023](#)) en su artículo titulado: "Physico-mechanical and durability characterization of earthen plaster stabilized with fermented rice husk for coating adobe walls" llegan a la conclusión que la inclusión de cáscara de arroz posibilitó obtener una resistencia a la compresión comparable a la de la muestra de referencia durante un 33% de sustitución parcial del material. A partir de este punto, la resistencia disminuyó de 3.88 a 0.82 MPa. No obstante, también observaron una disminución en la contracción del 4.52% al 0.83%, lo que mitigó los riesgos de fisuras ocasionadas por la contracción durante el proceso de secado.

([González-Sánchez et al., 2023](#)) en su artículo titulado: "Development and Intervention Proposal with Earthen Refurbishments with Vegetal Origin Gel (VOG) for the Preservation of Traditional Adobe Buildings" nos habla del comportamiento de la cascara de arroz como impermeabilizante y mejora en la resistencia a la erosión del adobe en etapa inicial.

(Llumitasig & Siza, 2017) Se intentó aumentar la resistencia a la compresión del adobe estabilizado mediante el incremento de estiércol de vaca, savia de nopal, sangre de toro y paja. Se probaron 10 combinaciones distintas de estos materiales. Cuando se utilizó savia de mucílago de nopal o sangre de toro, la mezcla se dejó reposar de manera tradicional antes de añadir estos estabilizadores en la fabricación de los adobes. Se produjeron 6 muestras de cada combinación, siguiendo las dimensiones especificadas en la Norma E.080, y se sometieron a pruebas conforme a dicha norma.

Los resultados revelaron que: 1) los adobes tradicionales de barro mostraron una resistencia inicial a la compresión de 9.84 kg/cm² después de 30 días; 2) los adobes con paja lograron una resistencia a la compresión de 10.8 kg/cm² a los 30 días; 3) la mezcla con estiércol alcanzó una resistencia a la compresión de 10.21 kg/cm² después de 30 días; y 4) la adición de sangre de toro resultó en una resistencia a la compresión de 10.36 kg/cm² a los 30 días. Se concluyó que la incorporación de estos materiales, junto con el uso de mallas plásticas, mejoró la resistencia a la compresión del adobe, reforzando su estructura y reduciendo el riesgo de colapso durante un sismo.

En otro contexto, (Teixeira, 2015) presentó su investigación doctoral titulada "Estudio de las propiedades de las fábricas históricas de adobe como soporte a intervenciones de rehabilitación," cuyo objetivo principal fue determinar experimentalmente las características físico-mecánicas y parámetros resistentes de las estructuras de adobe históricas en la región de Aveiro. El propósito era prolongar la vida útil de estas estructuras, mejorar su seguridad y recabar información de estas unidades de albañilería y otros aspectos relacionados como los materiales de construcción a lo largo de la historia, las propiedades y El trabajo se propuso realizar un análisis estructural de los componentes resistentes de los muros, acompañado de la cuantificación de su seguridad. Para lograrlo, se planteó: a) recopilar datos de las construcciones existentes en la zona y caracterizarlas en función de sus propiedades, b) analizar las fábricas en su estado actual, c) examinar el diseño y las propiedades mecánicas y físicas de las construcciones, incluyendo el análisis de la absorción y humedad en sus propiedades de resistencia. Las conclusiones obtenidas fueron: 1) los ensayos realizados permitieron analizar las construcciones de manera económica, 2) la muestra recopilada de adobe y mortero reveló la heterogeneidad de estos materiales, dificultando un análisis integral, y 3) proporcionar indicaciones prácticas sobre las características cualitativas de las fábricas de adobe.

(Aguilar & Quezada, 2017) En su trabajo para obtener la titulación de ingeniero civil, presentado en la Universidad de Cuenca bajo el título “Caracterización física y mecánica del adobe en el cantón Cuenca”, el objetivo principal fue establecer las características físicas y mecánicas del adobe como unidad de albañilería para su aplicación en edificaciones. Los objetivos específicos de la investigación incluyeron: 1) analizar las características mecánicas-físicas de las unidades de albañilería, 2) Obtener la relación entre las propiedades físico-mecánicas de la unidad de albañilería, 3) Explicar las fallas en los muros de adobe, 4) Analizar los modelos numéricos de acuerdo a los resultados de laboratorio, 5) Aplicar el mejor modelo numérico obtenido, 6) Dar instrucciones para modelar edificaciones existentes. Se concluyó que al analizar las características físicas y mecánicas si existe una correlación entre las características del adobe, como se determina en los ensayos físicos y comportamientos mecánicos, y estas características son evidentes tanto en las edificaciones como en las fábricas de adobe. No obstante, es crucial destacar la importancia de compactar adecuadamente el adobe durante su elaboración, ya que la formación de poros durante el secado puede resultar en una mayor deformación al aplicar cargas de compresión, lo que a su vez podría disminuir la resistencia del material.

(Cervantes, 2017) En su trabajo de investigación para obtener el grado de arquitecto, presentado en el Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Tecamachalco que lleva por título “Adobe orgánico elaborado con arcilla y mucilago de nopal, para construcción de centro Eco-turístico en el Municipio de Acolman” se tiene como objetivo principal determinar las propiedades físicas del mucílago de nopal y analizar el aprovechamiento que tendría al utilizarlo en la construcción de muros de adobe y verificar si incrementaría su resistencia a la compresión y objetivos específicos 1) aprovechar los desechos que producen al sacar el mucílago de nopal, 2) utilizar el adobe como sistema constructivo de manera más frecuente y confiable, 3) Aprovechar sus propiedades térmicas al construir una vivienda de adobe. Se concluyó que el mucilago de nopal es eco amigable con el medio ambiente y que se puede construir de manera confiable por las propiedades mecánicas y físicas que tiene y así aprovechar también sus propiedades térmicas.

2.1.2. Investigaciones Nacionales

[Nieto & Tello, \(2019\)](#) en su investigación para obtener el título de ingeniero civil, sustentado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas que lleva por título “Adobe estabilizado con mucílago de mucilago de nopal, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú” tuvo como objetivo principal diseñar una unidad de albañilería de abobe estabilizado con mucílago de mucilago de nopal y como objetivos específicos: En su investigación para obtener el grado de arquitecto en el Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, se realizaron los siguientes objetivos: 1) Análisis de Materiales: Evaluar los materiales más adecuados para la mezcla de adobe mediante pruebas preliminares y físicas, teniendo de objetivo extender la vida útil de las viviendas rurales. 2) Optimización de Dosificación: Determinar la mejor proporción de mezcla para obtener la mayor resistencia a la compresión, flexión y absorción en adobes estabilizados. 3) Comparar la resistencia mecánica y física entre adobes convencionales y estabilizados.

Se concluyó que el mejor suelo para fabricar adobes en la zona es una mezcla de arcilla con grava o arena. Además, el mucílago de nopal debe remojar por 15 días, con una mayor resistencia lograda con concentraciones del 18% al 20.5%. Los adobes con mayor dosis de mucílago de nopal demostraron mejor resistencia a la lluvia y mayor estabilidad.

[Benites, \(2017\)](#) en su investigación para poder optar el título de ingeniero civil, sustentado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas que lleva por título “Adobe estabilizado con extracto de cabuya (furcraea andina)” tuvo como objetivo principal evaluar la viabilidad de un polímero natural (Cabuya o Furcraea andina) como estabilizador del adobe tradicional y los aspectos necesarios para avalar su estabilidad, se evalúa la maceración del polímero entre 5 a 20 días y se evalúa la resistencia mecánica (compresión y flexión) y la resistencia al agua. Esta investigación es realizada en Piura y se realizan cuatro muestras de adobe para la experimentación. Se concluye que el extracto de Cabuya necesita un mínimo de 5 días y un óptimo de 10 días de maceración para otorgar la estabilidad y resistencia al agua del adobe.

Según [\(Salvador Cano, 2019\)](#) En su investigación para el título de ingeniero civil en la Universidad César Vallejo, titulada “Evaluación del comportamiento a compresión de las

unidades de adobe convencional frente a las unidades de adobe estabilizado con cemento y asfalto Caraz 2019”, se evaluaron las propiedades de resistencia del adobe estabilizado con cemento y asfalto en base al adobe tradicional. El estudio experimental y aplicado utilizó un enfoque cuantitativo para analizar datos y ofrecer soluciones prácticas.

Los resultados mostraron que el adobe estabilizado con cemento y asfalto tiene una mejor resistencia a la compresión que el adobe convencional. El adobe con cemento al 3%, 6% y 9% mejoró su resistencia en un 1.67%, 10.47% y 21.37%, respectivamente, mientras que el adobe con asfalto al 3%, 6% y 9% presentó incrementos del 15.83%, 26.47% y 41.07%, superando las mejoras obtenidas con cemento.

Según ([Bolaños Rodriguez, 2016](#)) en su trabajo para obtener la titulación de ingeniero civil, presentado en la Universidad Privada del Norte, titulado “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna” tiene como objetivo principal establecer la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe con adición de goma de tuna en diferentes porcentajes. La población es igual a la muestra, para esta investigación se realizó 96 bloques de adobe, el tipo de investigación es experimental. Se determinó que el adobe compactado, al incorporar goma de tuna en proporciones del 5%, 10% y 15%, mejora la resistencia a la compresión y a la flexión, logrando incrementos de hasta un 43% y 42% respectivamente, en comparación con la muestra sin goma de tuna.

2.2. Bases Teóricas

Las definiciones conceptuales abordadas en esta investigación respaldan el problema de estudio. Se explicará el adobe tradicional, incluyendo su definición, componentes, dimensiones y otros aspectos relevantes. Además, se definirá el adobe mejorado con material natural, específicamente con mucílago de nopal macerado.

Los sistemas de construcción con tierra, también conocidos como construcción con tierra, y aborda tanto los requisitos técnicos como las consideraciones de desarrollo sostenible. Los sistemas de construcción con tierra incluyen adobe, tapial, tierra moldeada y otras tecnologías de construcción con tierra que se utilizan como sistemas de muros estructurales y no estructurales. ([ASTM, 2023](#))

2.2.1. Adobe Convencional

En la actualidad, este material se usa principalmente en proyectos de restauración. Además, el adobe está siendo incorporado en la arquitectura contemporánea sostenible, como se menciona en la investigación de ([Ilampas et al., 2014](#))

Según la ([Norma E.080, 2000](#)) “Adobe” es un bloque sólido de tierra sin cocer, que puede contener paja u otros materiales con el propósito de mejorar su estabilidad ante agentes externos. Esta Norma tiene como objetivo mejorar el actual sistema constructivo con adobe teniendo en consideración las construcciones existentes en todas las regiones del Perú. El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

Además de ello ([Morales-Domínguez & Ortiz-Guzmán, 2007](#)). Nos dicen que los procedimientos de construcción de viviendas conllevan actividades que tienen un impacto negativo en el entorno natural, tanto a través de los materiales utilizados como de los propios procesos constructivos. El adobe es un material tradicional usado en la construcción de muros para viviendas, y su proceso de fabricación es ecológico. Sin embargo, su uso ha disminuido debido a sus limitaciones en resistencia sísmica y a inundaciones, lo que ha llevado a su exclusión en los códigos de construcción como material estructural. El adobe compactado emerge como una alternativa para revitalizar el uso del suelo en la construcción, ya que mejora las propiedades mecánicas del material gracias a una optimización en el proceso de fabricación y a las ventajas estructurales que proporciona la compactación.

Según ([Saroza, Rodriguez, Menéndez , & Barroso , 2008](#)) Se denomina adobe al material de construcción que se fabrica en forma de ladrillo y se elabora a partir de suelo. La relación arcilla-arena es muy importante para que pueda existir la cohesión necesaria de todas las partículas para soportar las acciones a las que estará sometido, y que no se desmorone.

2.2.1.1. Componentes del Adobe Convencional

Los componentes fundamentales son el suelo, la paja, la arcilla y el agua, que se definirán de la siguiente manera:

- **Suelo:**

El componente fundamental en la elaboración del adobe se basa en un suelo que debe tener un equilibrio adecuado entre arcilla, limo y arena. La arcilla es fundamental, ya que actúa como aglutinante, uniendo la mezcla de arena y grava con propiedades adhesivas y ligantes. La arena contribuye con estructura y resistencia a la mezcla. Sin embargo, no todos los tipos de suelo son adecuados para la fabricación de adobe ya que algunos carecen de los componentes esenciales o pueden tener un exceso de sustancias orgánicas, lo que afecta la calidad del suelo y su idoneidad para la producción de adobe (Nieto & Tello, 2019).

La obtención de adobes de alta calidad implica la selección cuidadosa del suelo, proceso para el cual existen ensayos de laboratorio y pruebas de campo. Aunque los ensayos de laboratorio brindan certeza sobre el suelo seleccionado, pueden ser costosos y difíciles de aplicar en obras de menor escala o autoconstrucción. Para obras más pequeñas, los ensayos de campo son una alternativa más accesible y han demostrado una aceptable confiabilidad al relacionarse en muchos casos con los resultados de laboratorio. Según el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), los suelos con un contenido de arena entre el 55% y el 75% (retenido en la malla N° 200) y un contenido de finos (como limo, arcilla, etc.) entre el 25% y el 45% (que pasa la malla N° 200) se consideran aceptables. Sin embargo, se desaconsejan suelos que contengan más del 18% de arcilla. (Urbano, 2001).

Tabla 3. Ventajas pruebas a realizar para el correcto uso de las muestras de tierra.

MATERIAL %	
Arcilla	10 - 20%
Limo	15 - 25%
Arena	55 - 70%

Fuente: Recuperado Norma técnica E- 080 (2006)

En cuanto a los ensayos de campo, se recurre a ellos cuando se determina que los ensayos de laboratorio son innecesarios o demasiado costosos. Estos ensayos permiten comprobar las propiedades físicas del suelo y son útiles tanto para técnicos experimentados como para auto constructores. La tabla 3 presenta los ensayos de campo más relevantes, los cuales

pueden ser aprendidos y utilizados de manera efectiva por aquellos involucrados en la construcción (Urbano, 2001).

Tabla 4. Pruebas a realizar para el correcto uso del suelo-Ensayos de campo

TIPOS	PROCEDIMIENTOS	INDICADORES PRINCIPALES	RESULTADOS
Evaluación del color.	Observación del color.	-Negro: Señala la presencia de suelos orgánicos. -Claro y brillante: Indica suelos inorgánicos. -Gris claro: Corresponde a suelos limosos con carbonato cálcico, que muestran una baja cohesión.	Claros y poco brillantes (aprobados)
Evaluación dental.	Se tritura suavemente una pequeña cantidad de tierra entre los dientes.	-Arenosos: Se caracterizan por tener partículas duras que chirrían entre los dientes, produciendo una sensación desagradable. -Limosos: Con partículas más pequeñas que los arenosos, chirrían ligeramente entre los dientes y son más suaves al tacto. -Arcillosos: No chirrían entre los dientes, son suaves y quebradizos.	-Limosos aprobados
Evaluación Olfativa.	Se detecta el olor del suelo.	- Olor rancio: Suelos orgánicos	Sin olor rancio (aprobado)
Evaluación de brillo.	Se toma una muestra de suelo y se amasa hasta obtener una consistencia similar a la masilla.	-opacos: suelos arenosos -Mates: limosos con poca arcilla -brillantes: arcillosos	Mates (aprobado)
Evaluación de enrollado.	Se forma un cilindro de suelo hidratado con dimensiones de 5 a 10 cm y se desplaza entre los dedos índice y pulgar.	Si la muestra se desintegra en fragmentos de entre 5 y 10 cm, se considerará que el contenido de arena es adecuado. Si la muestra soporta una longitud mayor antes de romperse, el contenido de arcilla será demasiado alto. Por otro lado, si la muestra se rompe antes de alcanzar los 5 cm, se tratará de un suelo arenoso.	La muestra se rompió a 8cm (aprobado)

Evaluación de resistencia seca de la bolita	Se crean tres o más pequeñas esferas con un diámetro de 2 cm, las cuales se dejan secar durante 24 horas y luego se someten a presión entre los dedos índice y pulgar.	Si las bolitas no se rompen, significa que el contenido de arcilla proporcionará una adecuada resistencia a los adobes. Por otro lado, si el suelo se rompe, indicará que posee una baja resistencia.	Las bolitas no se llegaron a romper de ningún modo usando solo los dedos (aprobado)
Evaluación de la botella	Se usa una botella o tubo de ensayo con capacidad para 1/2 litro. Se llena un cuarto de la parte con suelo y tres cuartos con agua. Se agita la mezcla y se deja reposar durante 5 horas.	El método determina los porcentajes de finos y arenas en una muestra de suelo. Las arenas se asientan rápidamente, los limos en minutos y las arcillas en al menos 5 horas. Después de este tiempo, se pueden estimar los porcentajes de los componentes del suelo.	60% de arena 20% de limos 20% de arcilla (aprobado)
Evaluación de agua para el barro.	Se toma una pequeña porción de barro destinada a la elaboración de los adobes y se arroja al suelo, intentando levantarla con una sola mano.	Permite evaluar si la cantidad de agua es adecuada para fabricar adobes. Si la masa pierde forma y solidez al levantarse, hay demasiada agua. Si conserva su forma y consistencia, la cantidad de agua es adecuada.	Conserva su figura y material al levantar la masa (aprobado)
Adobes de Evaluación	Antes de proceder a la fabricación en gran cantidad, se elaboran algunos adobes preliminares por separado.	Proporciona mayor confiabilidad en la producción de bloques. Si los adobes presentan grietas al secarse, esto indica la existencia de arcilla en el suelo. Si los adobes no presentan grietas, entonces el suelo es adecuado.	No se observa rajaduras (aceptable)

Fuente Adaptado de Vera, Quintana, UAC 2017.

- **Paja:**

La paja es una fibra vegetal, que se usa para la elaboración del adobe, este componente ayuda a la textura y liviandad y de esta manera se tiene una mayor adherencia entre los elementos del adobe.

La inclusión de paja reduce de manera efectiva las contracciones causadas por el secado al aire libre y aumenta su capacidad de adherirse a otros materiales, y de esta manera se incrementa la utilización de la fibra vegetal de henequén es esencial para mejorar la adherencia tanto con el mortero como con los revestimientos. Su aplicación se vuelve

prácticamente indispensable al preparar las tortas de barro, especialmente utilizadas en techos, con el objetivo de minimizar las grietas resultantes de la contracción durante el proceso de secado ([Urbano, 2001](#))

- **Arcilla**

Según ([Huaman, Evelyn, Claros, & David, 2022](#)) la arcilla es el elemento clave del suelo en la fabricación del adobe, es un material sedimentario que tiene como componentes los agregados de silicatos de aluminio hidratado provienen de la composición de rocas como el granito.

- **Agua**

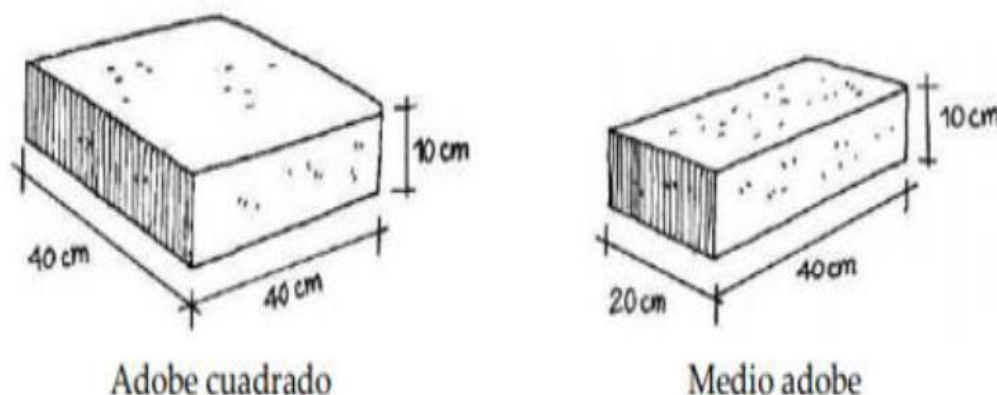
Según ([Nieto & Tello, 2019](#)) El agua, un líquido incoloro, inodoro e insípido, desempeña un papel fundamental en la construcción de viviendas de adobe. Para la elaboración de adobes, es esencial que el agua esté limpia y libre de cualquier material particulado, así como de sustancias disueltas, como cloruros o sulfatos. El agua es un lubricante para las partículas en la mezcla de barro. Si la cantidad de agua es excesiva o insuficiente, esto impactará en el producto final. Una mezcla demasiado húmeda o seca puede afectar la plasticidad de la mezcla, lo que dificultará el ensayo de compresión y también influirá en la resistencia y durabilidad del adobe resultante.

2.2.1.2. Dimensiones del Adobe Convencional:

Según el ([Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010](#)) En el manual de construcción "Edificaciones Antisísmicas de Adobe", se presentan las formas y dimensiones recomendadas que debe cumplir el adobe:

- Para un adobe rectangular, la longitud debe ser aproximadamente el doble del ancho.
- La altura debe ser superior a 8 cm.

Figura 3. Dimensiones del adobe entero y del medio adobe necesarios para la construcción de muros.



Fuente: Marcial Blondet y Julio Vargas, 2015

2.2.1.3. Ventajas y Desventajas del Adobe Convencional:

Como menciona (Nieto & Tello, 2019) ventajas y desventajas de utilizar el adobe en la construcción de viviendas (tabla 5)

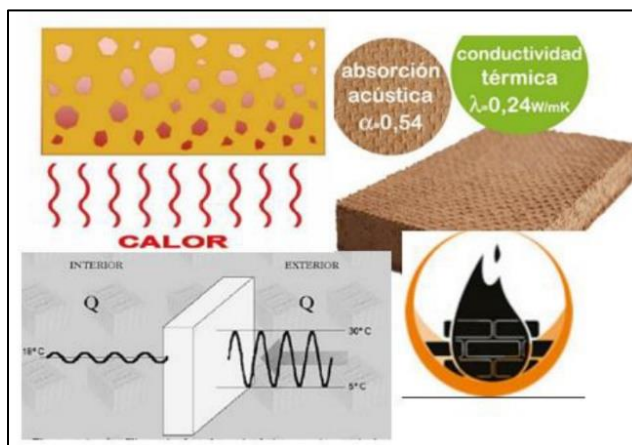
Tabla 5. Ventajas y desventajas de utilizar el adobe convencional.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El adobe a comparación de otros materiales de construcción es un elemento que tiene bajo costo de producción.	Las edificaciones construidas con adobe tienen poca resistencia y son bastante frágiles.
Para elaborarlo, no se necesita ningún tipo de energía, ya que es un material que simplemente se deja secar a temperatura ambiente.	Al contacto con el agua el adobe se degrada, absorbe el agua hasta desmoronarse.
Presenta conductividad térmica	Necesita un mantenimiento constante para evitar que los muros se degraden debido a los efectos del clima.

Fuente: Nieto & Tello, 2019

2.2.1.4. Propiedades:

Las funciones de los adobes como material de construcción incluyen las siguientes:

Figura 4. *Propiedades de los adobes*

Fuente: Recuperado de "Google"

Los adobes tienen diversas propiedades, entre ellas tenemos:

- **Aislante Térmico:** El interior de una vivienda edificada con estos materiales necesitará menos dependencia de sistemas de climatización en comparación con una casa tradicional construida con materiales industriales. (Quintana & Vera, 2017)
- **Ahorro energético en Climatización:** La capacidad de aislamiento térmico de los muros de adobe puede disminuir o incluso eliminar la necesidad de sistemas de climatización, lo que conlleva un ahorro significativo en energía y una reducción en las emisiones de CO₂. (Quintana & Vera, 2017)
- **Reductores del Impacto Ambiental:** La producción y procesamiento de adobes, así como la construcción de muros de adobe, requieren poca energía en comparación con los materiales convencionales. Por ejemplo, la elaboración de ladrillos, bloques de hormigón y cemento necesita combustibles fósiles para alcanzar mayores temperaturas en su proceso industrial. En contraste, los adobes y la tapia pueden ser producidos manualmente y secados al sol, lo que disminuye considerablemente el consumo de energía. (Quintana & Vera, 2017)
- **Regenerativos:** El adobe, al estar compuesto de materiales presentes naturalmente en el entorno, pueden reintegrarse por completo en la naturaleza una vez que el edificio ha cumplido su vida útil. (Quintana & Vera, 2017)
- **Resistencia del material:** A pesar de que la resistencia de materiales como el adobe y el tapial puede ser menor a la de otros materiales industriales como el ladrillo. Un edificio construido con adobe y tapial de manera adecuada y mantenido

correctamente puede superar los 100 años de vida útil en buen estado. (Quintana & Vera, 2017)

- **Resistencia al fuego:** La tierra, debido a su naturaleza físico-química, exhibe una notable estabilidad y resistencia al fuego, lo que la hace claramente superior a otros materiales industriales como el acero y el ladrillo en este aspecto. (Quintana & Vera, 2017)

2.2.1.5. Proceso de fabricación:

Selección de suelo: La selección del tipo de suelo utilizado en la elaboración de adobes es crucial para la calidad final del material. Por esta razón, es importante tener un cuidado especial en la elección del suelo adecuado.

La opinión generalizada entre los expertos es que se deben evitar el uso de suelos agrícolas o aquellos con un mal drenaje para la construcción de viviendas de adobe. En el caso de los suelos agrícolas, el problema se debe a su porcentaje de materia orgánica que es alto, mientras que, los suelos mal drenados, la causa es su elevado contenido de sales.

- **Hidratación previa:** Según varios autores recomiendan hidratar el suelo utilizado para la fabricación de adobes. Este proceso implica mezclar el suelo hasta saturarlo y luego dejarlo reposar durante uno a tres días antes de moldear los adobes. Este procedimiento, conocido como hidratación previa, "fermentación" o "podrido" del suelo, mejora su trabajabilidad, reduce la aparición de grietas durante el secado y mejora las características del adobe. (Quintana & Vera, 2017)

➤ **Moldeado:**

Los adobes, al igual que en todos los materiales de tierra, es crucial mantener un control preciso sobre el contenido de humedad del suelo durante el proceso de moldeo. Esto se debe a que la calidad final del adobe se verá afectada si hay variaciones en el contenido de humedad durante el moldeo. Por lo tanto, es fundamental mantener una consistencia adecuada en la mezcla para garantizar la uniformidad y la resistencia deseada en los adobes.

Procedimiento del Moldeado:

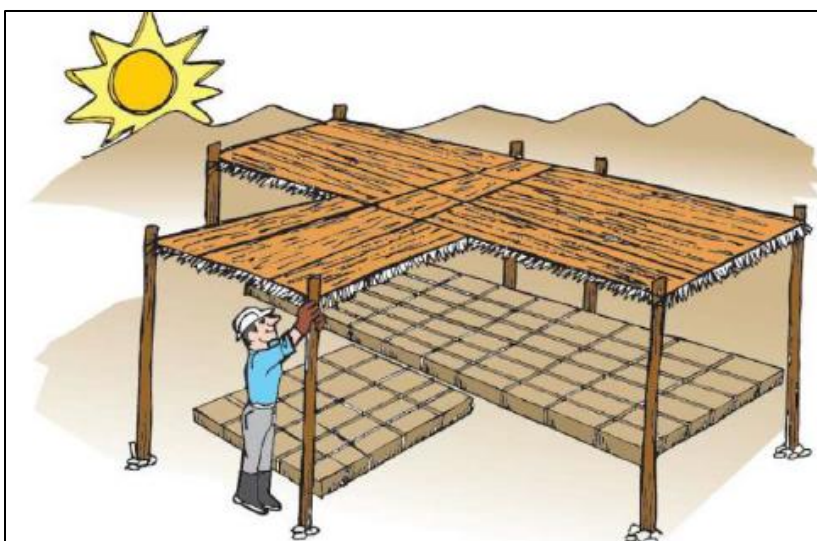
Una vez que la mezcla está lista, el proceso de moldeo de los adobes es relativamente simple. Se coloca el material en un molde previamente humedecido, aplicándolo con

firmeza. A continuación, se presiona y nivela la parte superior. Después, se retira el molde y se deja secar el adobe. Al comenzar a hacer un nuevo adobe, es fundamental limpiar bien el molde.

➤ **Secado:**

Después de completarse, diversos autores aconsejan que los adobes reposen de 2 a 3 días en el lugar de su preparación. Luego, se recomienda colocarlos en posición vertical y bajo sombra durante aproximadamente 30 días más para permitir un secado adecuado. Además, algunos expertos sugieren no usar estos adobes hasta que su contenido de humedad esté entre el 2,5% y el 4% en relación con el peso del suelo seco. (Quintana & Vera, 2017)

Figura 5. Secado de los adobes



Fuente: *Manual de Construcción Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento* (2010)

➤ **Pulido:**

El proceso de pulido de la cara exterior del adobe común en algunas zonas rurales, proporciona al material un acabado más refinado y resistente frente a los agentes erosivos.

2.2.2. Adobe Estabilizado:

La resistencia de los muros sometidos a factores externos puede potenciarse estabilizando tanto los recubrimientos como los adobes. Cuando se incorporan materiales adicionales al adobe, como asfalto, cemento o cal, con el fin de aumentar su resistencia a la compresión

y su estabilidad frente a la humedad, el resultado se conoce como Adobe Estabilizado. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010) nos menciona que, para la elaboración de adobes estabilizados, la granulometría se puede experimentar cambios en comparación con la fabricación de adobes convencionales.

Existen diversos componentes para adicionar una mejora a las características físicas y mecánicas del adobe pueden ser mejoradas mediante la adición de diversos materiales, que van desde materiales procesados como cemento y asfalto hasta polímeros naturales como cabuya, mucílago de nopal y fibras de coco.

2.2.2.1. Componentes del Adobe Estabilizado:

Para esta investigación se tomó en cuenta las características del mucílago de nopal como componente principal del adobe estabilizado para incrementar la resistencia a la compresión y erosión del adobe y mejorar sus propiedades físicas.

- **Penca de tuna**

La hoja de nopal desempeña un papel crucial en la construcción de muros de adobe al actuar como una barrera protectora frente a los daños causados por las lluvias, brindando así una función impermeabilizante.

Según (Nieto & Tello, 2019) la penca de tuna derivado de una planta arborescente con un tronco leñoso de 20 a 50 cm de diámetro, crece en áreas caracterizadas por climas áridos con precipitaciones moderadas en verano. Esta planta se adapta a diversos tipos de suelos, pero su desarrollo óptimo se observa en suelos sueltos y arenosos, preferiblemente con un pH alcalino, a altitudes que oscilan entre 800 y 2800 msnm. El mucílago de nopal, una sustancia viscosa presente en esta planta, modifica propiedades como la viscosidad, la elasticidad y la textura, además de formar redes moleculares y retener una gran cantidad de agua. Además, actúa como un agente eficaz en la retención de agua y muestra habilidades como gelificante, espesante y emulsificante.

En el contexto de esta investigación, se explora la utilización del mucílago de nopal para mejorar la resistencia a la compresión y otras propiedades físicas del adobe.

Figura 6. *Extracción de penca de tuna*



Fuente: elaboración propia

Se estima que hay cerca de 200 especies de tunas en todo el mundo, y México se destaca como el principal productor global de este fruto. Sin embargo, países como Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Colombia, Marruecos, Estados Unidos, Sudáfrica, Italia y Grecia, entre otros, también cultivan la tuna. ([Quintana & Vera, 2017](#))

❖ **Hábitat:**

En regiones áridas y semiáridas, diversos factores ambientales como temperaturas extremas, falta de agua y escasez de nutrientes limitan el crecimiento de las plantas. La adaptación de las cactáceas a entornos áridos ha impulsado el desarrollo de características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas específicas en las diversas especies del género *Opuntia*. Estas adaptaciones les permiten sobrevivir y prosperar en condiciones ambientales desafiantes. ([Quintana & Vera, 2017](#))

2.2.2.2. Características Morfológicas:

El tallo: El tallo de la tuna se compone de un tronco y ramas aplanadas que tienen una cutícula gruesa de color verde. Esta cutícula desempeña una doble función: realiza la fotosíntesis y almacena agua en los tejidos de la planta. (Quintana & Vera, 2017)

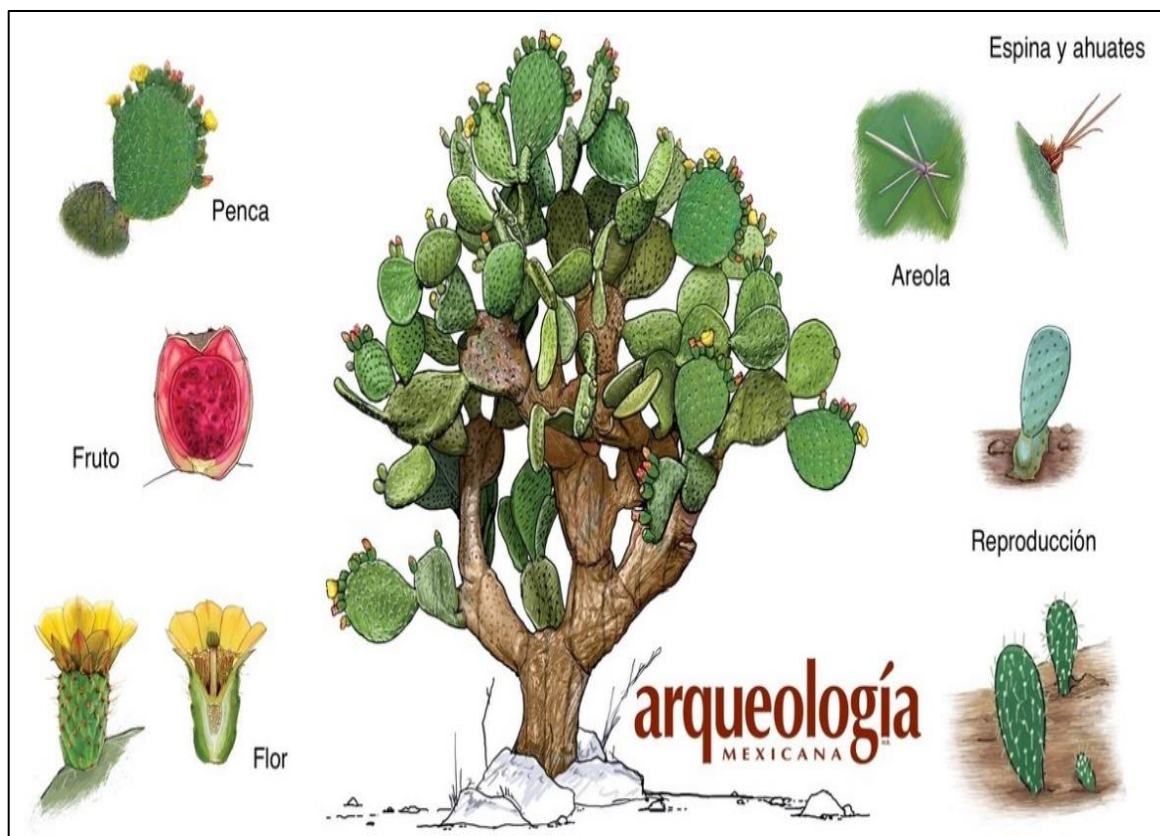
Cladodios: Las pencas, también conocidas como cladodios, de la tuna tienen dimensiones que oscilan entre 30 y 60 centímetros de largo, 20 y 40 centímetros de ancho y 2 y 3 centímetros de espesura. Estas estructuras están compuestas por ramas de un verde oscuro, con areolas que tienen espinas de color amarillo, las cuales pueden variar en cantidad. (Quintana & Vera, 2017)

Hojas: Son las espinas en forma de garra, engrosadas en su base, se encuentran solo en los cladodios internos de la tuna y tienen como función la defensa de la planta. Estas espinas caducas solo son visibles en tallos tiernos. Durante la renovación de las pencas, las aréolas presentes en sus axilas producen espinas de aproximadamente 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen a medida que las pencas alcanzan un cierto grado de desarrollo, dejando en su lugar las espinas. (Quintana & Vera, 2017)

Flores: Las flores de la tuna crecen de manera solitaria en la parte superior de la penca, y tienen una longitud de entre 6 y 7 cm. Usualmente, cada areola genera una flor, aunque no todas florecen al mismo tiempo; algunas pueden aparecer en el primer año, mientras que otras pueden florecer en el segundo o tercer año. Las flores se abren entre 35 y 40 días después de aparecer. Sus pétalos tienen tonos vibrantes como el amarillo, el naranja, el rojo o el rosa. (Quintana & Vera, 2017)

Fruto: La tuna es una baya polisperma con forma ovoide o esférica, que comienza siendo verde y cambia de color a medida que madura, pudiendo adquirir diversos colores. Es comestible, agradable y dulce al paladar. La pulpa de la tuna es gelatinosa y contiene numerosas semillas. Las dimensiones y la coloración de la pulpa pueden variar según la especie de tuna. (Quintana & Vera, 2017)

Figura 7. Partes de la tuna



Fuente: Partes de la tuna. Recuperado de "Google"

2.2.2.3. Mucilago de Nopal:

El mucílago es otro componente crucial que se encuentra en proporciones variadas en la piel, la fruta y los cladodios de la tuna. Estudios realizados por ([Saroza, Rodriguez, Menéndez , & Barroso , 2008](#)) indican que el rendimiento de extracción de mucílago es bajo en todos los casos: alrededor del 0,5% en la cáscara y del 1,2 % en los cladodios.

Figura 8. Mucilago de nopal



Fuente: elaboración propia

❖ Extracción del mucílago de nopal

Se emplean diversas técnicas para procesar el mucilago de nopal, como el chancado, la licuación y la cocción. Sin embargo, diversos investigadores llevaron a cabo equiparaciones entre estos métodos y concluyeron que el más eficaz y económico es el del remojo. Para llevar a cabo este proceso, se debe iniciar por una exhaustiva limpieza del mucilago de nopal con el fin de eliminar posibles espinas que puedan quedar tras la extracción. Luego, se procede a cortar la penca en rebanadas de aproximadamente 30 mm. Por último, se sumerge en un recipiente. Es importante destacar que la duración del remojo varía en función de la estación del año. El remojo puede llevar entre 15 y 25 días, mientras que en verano (con temperaturas de 20-25°C y humedad relativa de 76-88%), el tiempo de remojo se reduce a 7-15 días. En cambio, otros autores sugieren que las circunstancias ideales de remojo son 18 días (a 20°C y 82-92% de humedad relativa) o 7-14 días (a 20-25°C y humedad relativa de 77-88%). Esto implica que, en épocas más cálidas, el remojo se realiza en un período de 7 a 15 días, mientras que, en épocas más frías, para obtener una sustancia gomosa, se requiere un tiempo de remojo superior a 15 días. Los mejores resultados se obtuvieron con un tiempo de remojo de 18 días.

Usos del Mucílago de nopal

Esta sustancia se usa localmente con barro en el revestimiento de viviendas en las zonas rurales, conocido como tarrajeo. Además, se emplea para la fabricación de películas adherentes de gran delgadez. (Quintana & Vera, 2017)

Proceso de estabilización:

Según (Nieto & Tello, 2019) las dos formas de estabilizar el adobe, son las siguientes:

- **Homogénea:**

Implica la incorporación de material a la mezcla, ajustando el porcentaje según las necesidades; en situaciones donde la tierra carece de cohesión, se añade una cantidad adecuada de arcilla, mientras que, si la tierra es excesivamente cohesiva, se introduce arena. Es esencial destacar que estos materiales se agregan en estado seco y deben compartir similitudes con las características del material que se busca estabilizar.

- **Heterogénea:**

Se añaden materiales a la mezcla para mejorar sus propiedades. Los consolidantes fortalecen y reducen la absorción de agua, las fibras evitan fisuras al controlar la dilatación y contracción, y los impermeabilizantes previenen la entrada de agua mediante capilaridad y lluvias. Las fibras pueden ser vegetales o animales.

2.2.3. Propiedades físicas del mucilago de nopal:

Se pueden cuantificar sin que su constitución se vea alterada.

2.2.3.1. Viscosidad:

La viscosidad determina la resistencia de un líquido al flujo; cuando la viscosidad aumenta, el líquido fluye más lentamente. Este atributo guarda relación con la facilidad con la que las moléculas del líquido pueden desplazarse en comparación con las demás. (Nieto & Tello, 2019)

La ley de Stokes describe la fuerza de fricción que experimentan objetos esféricos mientras se mueven a través de un fluido viscoso en un régimen laminar. Esta ley establece que la

fuerza de fricción es proporcional a la velocidad de la partícula, el radio de la partícula, y la viscosidad del fluido.

$$v_{lim} = \frac{D^2(\delta - \rho)g}{18\eta}$$

Dado que δ es la densidad de la esfera, ρ la densidad del líquido, η la viscosidad del fluido, D el diámetro de la esfera y g la gravedad, se relacionan estos parámetros para determinar cómo se comporta la esfera en el líquido.

- **Medidas Preliminares:**

Para calcular la viscosidad del líquido, se requerirán los siguientes datos:

- La densidad (d) y el diámetro (D) de las esferas.
- La densidad (ρ) del líquido en cuestión.
- El diámetro interno (f) del tubo.
- La distancia (l) entre las marcas en el tubo.

Si no se dispone de alguno de estos datos en la guía de laboratorio, se deben realizar las siguientes mediciones:

- Usar un calibrador para medir los diámetros de las esferas idénticas y tomar el promedio de estas medidas para determinar el valor de D .
- Calcular el volumen promedio de las esferas y realizar los cálculos de error correspondientes.

Para determinar la viscosidad del líquido utilizando el método de Stokes, se deben seguir estos pasos:

- Densidad de las Esferas: Pesar las esferas juntas en una balanza de precisión para obtener su masa. Luego, calcular la densidad a partir de esta masa y el volumen promedio de las esferas.
- Densidad del Líquido: Medir la densidad del líquido problema de manera similar, utilizando el método adecuado disponible en el laboratorio.
- Diámetro Interno del Tubo: Medir con un calibrador.
- Distancia Entre Marcas en el Tubo: Utilizar una regla milimetrada o una escala auxiliar milimetrada para medir la distancia entre las dos marcas en el tubo.

Con todos estos datos, se pueden realizar los cálculos necesarios para determinar la viscosidad del líquido usando el método de Stokes. (Quintana & Vera, 2017)

2.2.3.2. Densidad:

La masa que ocupa un volumen en una muestra de suelo se denomina densidad del suelo. El peso de la muestra después de secarse en horno se divide por el volumen del suelo para calcularlo. El resultado se expresa típicamente en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Este valor proporciona información sobre la compacidad y la masa del suelo por unidad de volumen. (Huaman, Evelyn, Claros, & David, 2022)

2.2.4. Ensayos de Análisis y Control en el Laboratorio.

2.2.4.1. Ensayos de Análisis y Control para la Selección de Suelo

2.2.4.1.1. Proceso de Obtención de Muestras de Suelo

Este proceso implica tomar una parte del material que se utilizará en la construcción de la estructura o que ya forma parte de la misma, de manera que las propiedades de esta parte representen fielmente al conjunto. Además de la recolección de la muestra, se incluyen las acciones de empaquetado, identificación y transporte de las muestras. El proceso de muestreo abarca dos tipos de muestras:

- a) **Muestras Alteradas:** Estas muestras consisten en material desagregado o fragmentado del suelo, y generalmente no se toman precauciones especiales para preservar las características de la estructura y la humedad. Sin embargo, es fundamental comprender la cantidad de agua del suelo. Por lo tanto, en estos casos, las muestras se envasan y transportan de manera adecuada para garantizar que las condiciones originales de humedad se mantengan intactas. Esto es fundamental para obtener mediciones precisas y representativas del contenido de agua del suelo en su estado natural.
- b) **Muestras No Alteradas:** Estas muestras conservan tanto la estructura como la humedad original del suelo en el lugar donde se recolectan. Se obtienen de suelos finos que pueden ser moldeados sin desintegrarse. La recolección puede llevarse a cabo en el suelo, en una de las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en una terracería. (Quintana & Vera, 2017)

2.2.4.1.1.1. Contenido de humedad:

Se define como la proporción del peso del agua respecto al peso de los sólidos presentes en una muestra de suelo. Este parámetro nos permite determinar la cantidad de agua contenida en una muestra de suelo en relación con su peso seco.

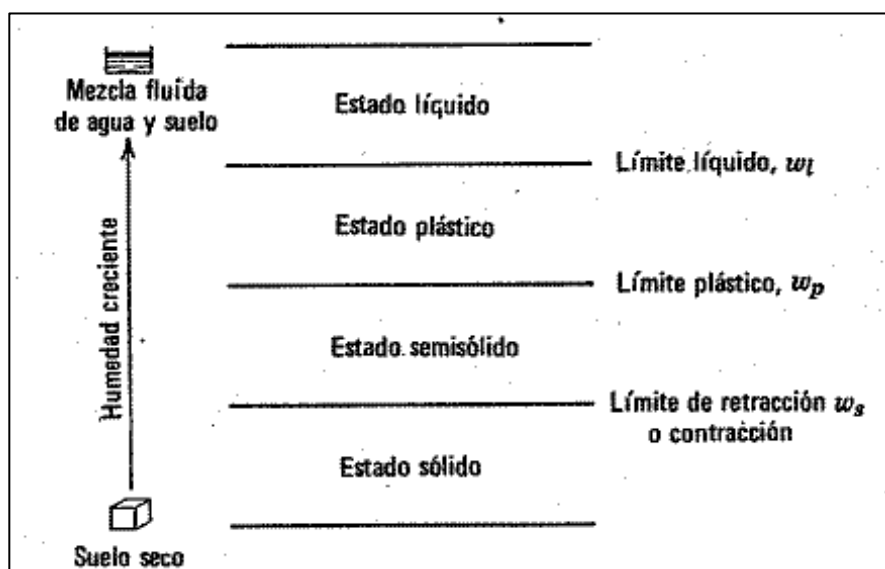
$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Peso seco}} * 100$$

✚ Límites de Atterberg

El suelo como un material que puede presentar distintos estados tomando en cuenta su nivel de humedad es muy útil. A medida que el agua en el suelo aumenta, la interacción entre las partículas adyacentes disminuye, lo que hace que el suelo se comporte de manera más parecida a un líquido.

Se espera que el agua que se adhiere a las áreas de partículas de suelo no se comporte como un líquido en general. Por lo tanto, si comparamos dos suelos A y B, y descubrimos que el suelo A tiene un límite líquido más alto que el suelo B, es probable que tenga un límite líquido más alto que el suelo B. (Quintana & Vera, 2017)

Figura 9. Límites de Atterberg e Índices con ellos Asociados

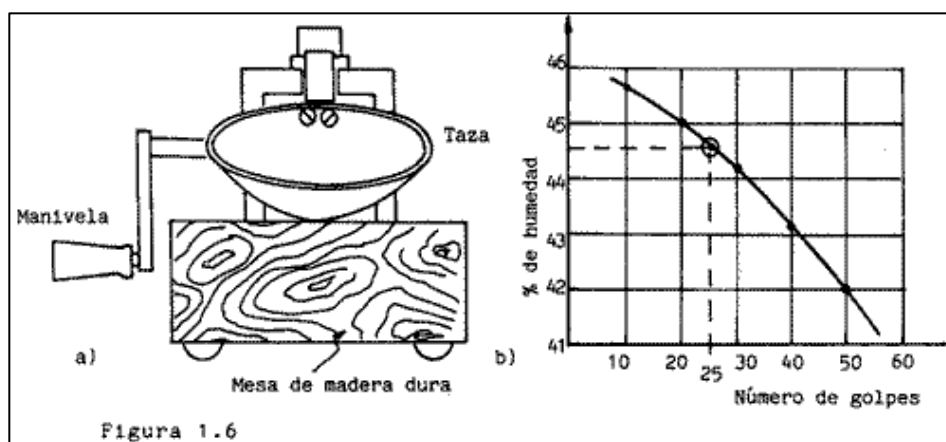


Fuente: Recuperado de "Mecánica de suelos" Lambe & Whitman (1969)

a.1.) Límite Líquido (LL)

El límite líquido es el punto que distingue los estados semi-líquido y plástico del suelo. Se define como el contenido de humedad necesario para que, en una muestra de suelo previamente remoldeada, los taludes de una forma trapecial colapsen simultáneamente cuando se cierre una ranura longitudinal de 13 mm, tras recibir 25 golpes consecutivos a una frecuencia de 2 golpes por segundo, utilizando la Copa de Casagrande con una altura de caída de 1 cm. (Bolaños Rodríguez, 2016)

Figura 10. Cuchara y Plasticidad de Casagrande

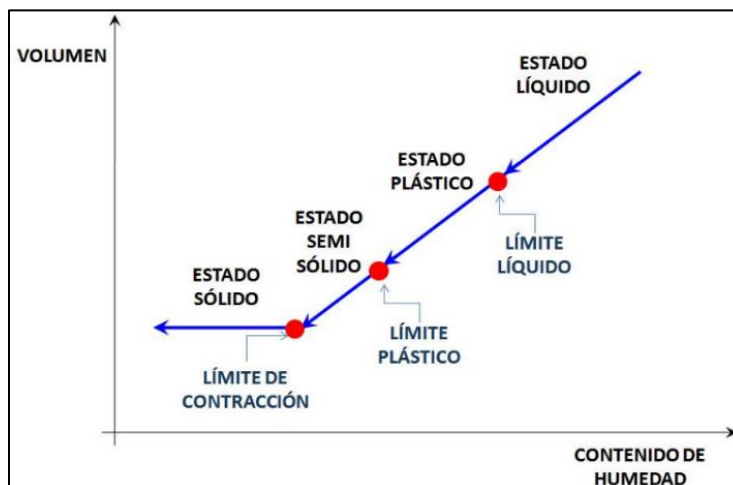


Fuente: Recuperado de "Manual de laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil" de Joseph Bowles.

a.2) Límite Plástico (LP)

El contenido de humedad del suelo es el factor que determina la transición entre los estados semi-sólido y plástico del suelo, y se suele expresar en porcentaje. Este término se refiere a la cantidad de humedad presente en un cilindro de material de suelo en estudio en relación con su peso seco. Es una medida crucial en la caracterización de los suelos, ya que afecta directamente su capacidad de compactación, resistencia y comportamiento ante cargas. El contenido de humedad del suelo influye en una amplia gama de procesos y prácticas, desde la agricultura y la construcción hasta la hidrología y la geotecnia. (Quintana & Vera, 2017)

Figura 11. Límites del Suelo



Fuente: Recuperado de “Manual de laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil” de Joseph Bowles.

a.3) Índice de Plasticidad (IP)

Se refiere a la diferencia entre los límites de liquidez y plasticidad, es decir, el rango de humedad en el que el suelo mantiene su plasticidad: (Bolaños Rodriguez, 2016)

2.2.4.1.1.2. Análisis Granulométrico del Suelo

Será de suma importancia para nuestro trabajo llevar a cabo pruebas granulométricas en los suelos, ya que estos suelos constituyen el material principal del adobe y, al mismo tiempo, nos proporcionarán información crucial sobre una de las propiedades del adobe.

El estudio granulométrico es un procedimiento mecánico que revela la diversidad de tamaños de partículas en un suelo, representado como un porcentaje del peso total en estado seco. En este proyecto, se optará por el método de análisis mediante cribado, uno de los dos enfoques disponibles para estas pruebas.

Según (Aguilar & Quezada, 2017) el análisis por cribado implica pasar una muestra de suelo a través de una serie de tamices que tienen aberturas de tamaño

gradualmente más pequeñas. Los tamices se identifican por números estándar, cada uno con un tamaño específico de abertura. Los resultados del análisis por cribado se expresan generalmente como porcentaje del peso total del suelo que ha pasado por las diferentes mallas.

Figura 12. *Tamaño de Mallas en laboratorio*

Criba no.	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Fuente: *Recuperado de "Fundamentos de ingeniería geotécnica"*

✚ Clasificación de Suelos

La determinación y cuantificación de las diversas propiedades del suelo se realizan con el objetivo de establecer una clasificación sistemática de los distintos tipos de suelos, basada en la similitud de sus características físicas y propiedades geomecánicas.

a) Clasificación General de Casagrande Modificada

Figura 13. *Símbolo de Grupos*

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Pobremente gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: *Recuperado de "Fundamentos de ingeniería geotécnica" de Braja Das M. (2001)*

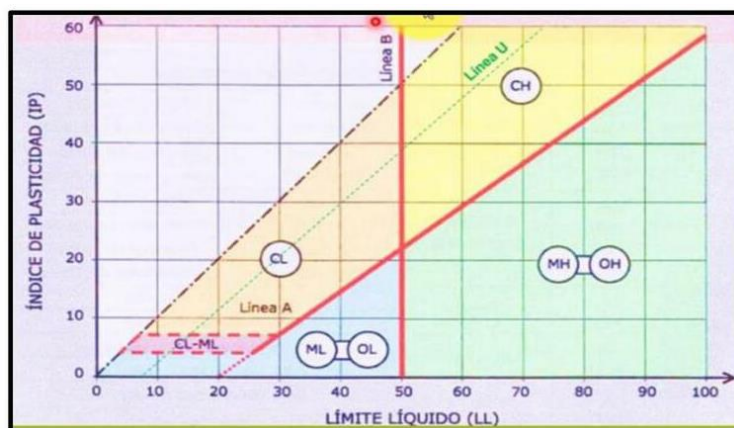
- **Suelos de grano grueso (G y S)** estos suelos, predominantemente compuestos de gravas y arenas, tienen menos del 50% de finos según un tamiz de 0.075 mm. Sus partículas varían entre 75 mm y 0.075 mm, ofreciendo así una mayor resistencia a la erosión. (Quintana & Vera, 2017)
- **Suelos de grano fino (M y C)** Estos suelos, con más del 50% de finos como arcillas y limos, se subdividen según el límite líquido, el índice de plasticidad y la materia orgánica, y se representan en un gráfico de plasticidad. (Quintana & Vera, 2017)
- **Suelos orgánicos (O, PT)** Estos suelos están compuestos principalmente por materia orgánica fibrosa, como las turbas, y se reconocen por su color marrón oscuro y el olor a descomposición. No son adecuados para servir como base en cimentaciones debido a sus propiedades.

Después de realizar un estudio experimental con diversas muestras de suelo de grano fino, Casagrande logra representarlos en un gráfico que correlaciona el Límite Líquido (LL) con el Índice de Plasticidad (IP).

-Línea A: Esta línea se define por la ecuación $IP = 0.73 * (LL - 20)$. Indica la relación entre el Índice de Plasticidad y el Límite Líquido para diferentes tipos de suelo. Es una línea inclinada que representa la variabilidad de la plasticidad en función del límite líquido.

-Línea B: Esta línea se define simplemente por $LL = 50$. Representa un límite constante en el Límite Líquido y puede considerarse como una referencia para los suelos estudiados.

Figura 14. Símbolo de Grupos



Fuente: Recuperado de "Manual de carreteras" Bañón Blázquez & Beví García (2000)

2.2.4.2. Ensayo de Viscosidad:

- Se emplearon fórmulas simples para llevar a cabo este ensayo, las cuales serán utilizadas en el proceso.

$$D_m = \frac{m}{v}$$

Donde:

Dm= Densidad. (kg/m³)

m= Masa (kg)

v= Volumen (m³)

- Para determinar la densidad de la canica, primero calculamos su volumen usando la siguiente fórmula:

$$vol = \frac{4}{3} * \pi * r^3$$

Donde:

Vol= Volumen (m³)

$\pi = 3.14$

r = Radio de la canica (m³)

- Una vez que tenemos estos valores, los sustituimos en la fórmula de densidad y obtendremos la densidad de la canica.
- Luego, con los datos disponibles, determinamos las velocidades utilizando la siguiente fórmula:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

V= Velocidad

d=Distancia (m)

t=Tiempo (s)

- ✓ Para determinar la viscosidad, vierte 500 ml de líquido viscoso en un vaso de cristal.
- ✓ Deja caer la canica desde una altura medida y registra el tiempo de caída.
- ✓ Usa este tiempo para calcular la velocidad y luego sustituye los datos en la fórmula para obtener el valor del parámetro.

$$\text{Viscosidad} = \frac{2 * (D_{\text{canica}} - D_{\text{mucílago}}) * g * r^2}{9 * Vel}$$

Donde:

D_{canica} = Densidad de la canica (kg/m³)

$D_{\text{mucílago}}$ = Densidad del mucílago (kg/m³)

g = Gravedad (m/s²)

r = Radio de la canica (m)

vel = Velocidad (m/s)

(Quintana & Vera, 2017)

2.2.5. Ensayos de Análisis y Control para Unidades de Adobe.

2.2.5.1. Ensayos para las propiedades Físicas

En este trabajo de investigación, se evalúan como propiedades físicas del adobe las características de Variación Dimensional, Absorción y Succión. Estas cualidades son esenciales para comprender cómo se comportan y cuán duraderos son los adobes en diferentes entornos y situaciones de uso.

a) Variación Dimensional:

Este método consiste en medir cada espécimen en longitud, ancho y altura con una precisión de 1 mm. Las dimensiones se calculan promediando cuatro mediciones tomadas desde los puntos medios de los bordes de cada cara del espécimen, siguiendo las normas NTP 399.613 y 399.604. (Quintana & Vera, 2017)

$$\%V = \frac{(DN - DP)}{DN} * 100$$

Donde:

%V : Variación de dimensión en porcentaje

DN: Dimensión nominal

DP : dimensión promedio de cada dimensión

(Quintana & Vera, 2017)

b) Absorción

Las pruebas de absorción se llevarán a cabo siguiendo las pautas establecidas en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

El objetivo de la Prueba de Absorción es medir la capacidad de las muestras para absorber agua hasta alcanzar un estado de saturación. En pocas palabras, el objetivo es obtener un

índice que represente la capacidad de los especímenes para absorber agua después de 24 horas de inmersión en agua. (Quintana & Vera, 2017)

Calculamos la absorción con la siguiente fórmula:

$$Absorción = 100 * \frac{(Ws - Wd)}{Wd}$$

Dónde:

Wd = Peso seco del espécimen.

Ws = Peso del espécimen saturado

Después de sumergir los especímenes en agua fría durante 24 horas, se realiza el cálculo del promedio de absorción de todas las muestras ensayadas, con una precisión de hasta 0,001%. (Bolaños Rodriguez, 2016)

c) Succión:

La velocidad de absorción del agua en la superficie de la unidad es clave para evaluar la interacción entre el mortero y la unidad, lo que afecta la resistencia a la tracción de la albañilería. Esta medición toma a la norma técnica peruana NTP 399.613 como base. (Quintana & Vera, 2017)

$$Succión = \frac{(P_{su} - P_{se})}{A} * 200$$

Dónde:

P_{su}: peso de unidad en succión

P_{se}: peso de unidad en seco

A: área de contacto de la unidad

2.2.6. Resistencia a la Compresión en Unidades de Adobe

La resistencia a la compresión se mide con cubos de adobe de la menor longitud del adobe, requiriendo al menos 6 cubos para el ensayo. La resistencia última (fo) es el valor que supera el 80% de las piezas secas, con un mínimo aceptable de 10.2 kgf/cm². Esta medida indica la calidad de la unidad de adobe, no de la albañilería en su totalidad.

$$f_o = 10.2 \frac{kgf}{cm^2} = 1.0 MPa$$

Las fuerzas aplicadas al adobe se concentrarán en las caras de mayor área, que corresponden a la cara inferior y la cara superior de apoyo, son cruciales para la estabilidad y resistencia de la estructura. Estas fuerzas se distribuirán de manera uniforme cuando se coloquen placas de acero sobre estas dos caras del adobe, como se ilustra a continuación. (Quintana & Vera, 2017)

La prueba de compresión se realiza en muestras secas de medias unidades, aplicando la carga perpendicularmente a la superficie de asiento. Para testigos irregulares, se nivelan con pasta de cemento Portland antes de adicionar un recubrimiento, generalmente de azufre, para asegurar un contacto uniforme con los cabezales de la máquina de compresión. El ensayo se lleva a cabo hasta que las muestras se rompen y se repite dos o tres veces. Los resultados se analizan estadísticamente para determinar el valor característico, el cual suele admitir hasta un 10% de resultados defectuosos. (Bolaños Rodríguez, 2016).

Equipos y materiales:

- Equipo de compresión
- Brocha
- Arco sierra.

Procedimiento.

1. Se comenzó a seleccionar adobe aleatoriamente para este ensayo, con 6 unidades por tipo de adobe.
2. En el equipo de resistencia a compresión, se coloca el jebe remplazando el capi de yeso en la parte superior y en la parte inferior. Luego se programó el equipo, seleccionando el tipo "cubo" y luego insertamos las medidas de nuestros testigos.
3. Una vez fallado, se calcula la fuerza a la que ha sido expuesto nuestro testigo.
4. Se toma todos los datos y se coloca en la siguiente tabla.

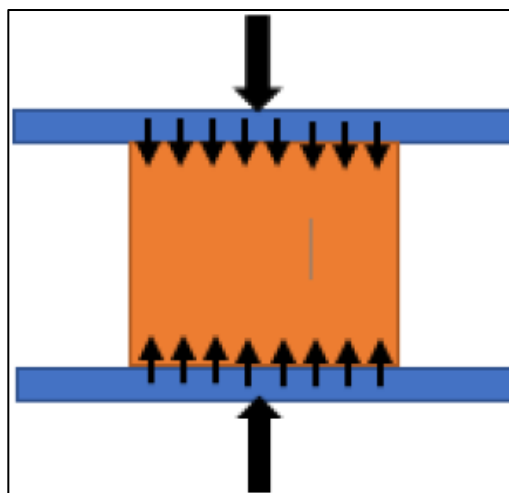
2.2.6.1. Adobes de prueba:

Tabla 6. Adobes de prueba

TIPO	PROCEDIMIENTO	INDICADORES	RESULTADOS
Adobes de prueba	Antes de la fabricación en cantidad, se producen unos adobes previos aparte-	Proporciona más seguridad para la fabricación de los bloques: - Si los adobes se rajan al secarse, entonces el suelo contiene mucha arcilla. - Si los adobes no se rajan entonces el suelo es aceptable.	No se observaron rajaduras (Aprobado)

Fuente: Recuperado de “Buena tierra – Apuntes para el diseño y construcción con adobe” – Tejada-Achmidt (2001)

Figura 15. Fuerzas de compresión



Fuente: propia

2.2.7. Resistencia a la Erosión (Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET)).

Se evalúa la resistencia de las unidades de adobe a la erosión causada por gotas de agua simulando lluvias intensas. Se compara la susceptibilidad a la erosión de diferentes unidades, utilizando la normativa UNE 41410:2008 y el ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET) como referencias. (Quintana & Vera, 2017)

- Se realizó una apreciación en la que especificamos que realizamos tanto el ensayo de compresión como el de erosión a los 30 días. Esto se debe a que se ha

demostrado en tesis anteriores que realizar los ensayos en menos días produce una muestra no significativa y, por lo tanto, no contribuye a la veracidad de los datos que se muestran.

Las siguientes son las herramientas y materiales utilizados para construir el equipo:

- Las bases del almacenamiento y el adobe que se ensayaría se construyeron con tablas de madera de 1 pulgada de grosor.
- Tubería de PVC: Se utilizó para construir el tanque de almacenamiento de 4 pulgadas de diámetro y las conexiones de entrada y rebalse de 0,5 pulgadas de diámetro.
- Manguera: se utilizó para conectar la entrada y el rebalse del fluido en el tanque de almacenamiento.
- La estructura metálica ayudó a sostener el equipo durante el ensayo.
- Sorbete: La salida del fluido del tanque de almacenamiento era de 10 cm de largo y 5 mm de diámetro.
- Tapón de PVC de 4 pulgadas: Este tapón sirve como fondo del tanque y se colocó en la parte superior e inferior de la tubería de 4 pulgadas.
- Adhesivo para tuberías de PVC:

Figura 16. *Elaboración de equipo de Ensayo SAET*



Fuente: propia

2.3. Marco Conceptual

Para poder entender de mejor forma los términos usados en el ambiente de la Ingeniería de Transporte, es importante contar con definiciones precisas.

Adobe. - Es un bloque sólido de tierra cruda sin cocer, que con frecuencia contiene paja u otros materiales para elevar su resistencia a condiciones climáticas adversas. ([Norma E.080, 2000](#))

Adobe Estabilizado. -Es aquel en el que se han incorporado otros materiales, como asfalto, cemento, cal, entre otros, con el fin de elevar su resistencia a la compresión y mejorar su estabilidad ante la humedad. ([Norma E.080, 2000](#))

Arcilla. - El adobe se destaca como un excelente aislante térmico y acústico, además de ser transpirable y saludable. Regula la humedad de manera efectiva y es muy versátil, lo que facilita su uso en una variedad de aplicaciones. Es fácil de trabajar y su unión con la arcilla resulta muy beneficiosa, proporcionando una estructura sólida y duradera. ([Bolaños Rodríguez, 2016](#))

Mucilago de Nopal. - Desempeña una función impermeabilizante; al combinarlo con el adobe, mejora la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado y reduce la absorción de agua. ([Bolaños Rodríguez, 2016](#))

Mortero. - Es la mezcla del barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, o componentes naturales, etc. ([Norma E.080, 2000](#))

Compactación. - La compactación ayuda a la estabilización del suelo y de esta manera mejora sus propiedades ([Bolaños Rodríguez, 2016](#))

Compresión. - Es la propiedad que tiene para resistir la acción de fuerzas internas, estas fuerzas dan resistencia interior a un cuerpo frente a una a una fuerza externa. ([Bolaños Rodríguez, 2016](#))

Erosión: Se define como el proceso natural mediante el cual la superficie terrestre es desgastada, removida o modificada por agentes externos como el agua, el viento, el hielo, la gravedad o la actividad humana. Este proceso puede implicar la remoción de suelo, rocas u otros materiales superficiales de la tierra, y puede ocurrir de manera gradual o rápida, dependiendo de la intensidad y duración de los agentes erosivos involucrados. ([Quintana & Vera, 2017](#))

3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque

La investigación se desarrollará bajo un enfoque CUANTITATIVO. La naturaleza de los datos responde a características susceptibles de cuantificar ([Ríos, 2017](#)).

Generalizamos los datos de una muestra a una población (de un grupo pequeño a uno mayor) y estos datos son numéricos, se destacan varios aspectos de las composiciones de mezcla y efecto en las propiedades mecánicas, la cual describen los enfoques de diseño de mezcla entre el mucilago de nopal y el adobe, pero aún se necesita una investigación considerable para desarrollar conceptos de diseños de mezcla en las que se involucren las propiedades específicas del adobe. El objetivo del estudio es detallar las características de los indicadores de acuerdo al estudio a través de los resultados obtenidos de acuerdo a los ensayos de laboratorio, ya que estos resultados han sido analizados a las propiedades del mucilago de nopal y propiedades de la resistencia a la compresión del adobe.

3.2. Alcance (exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo)

La investigación se desarrollará bajo un alcance DESCRIPTIVO, si bien esta investigación parte del descubrimiento del problema hasta el planteamiento de su solución, y alcanza a los adobes elaborados de forma tradicional fabricados en la región Ayacucho en el centro poblado de Tunsuya y usando mucilago de nopal en su elaboración, se le podrá dar validez externa a la mayoría de las conclusiones. Su finalidad es describir la población estudiada o estimar parámetros a través de nuestra muestra.

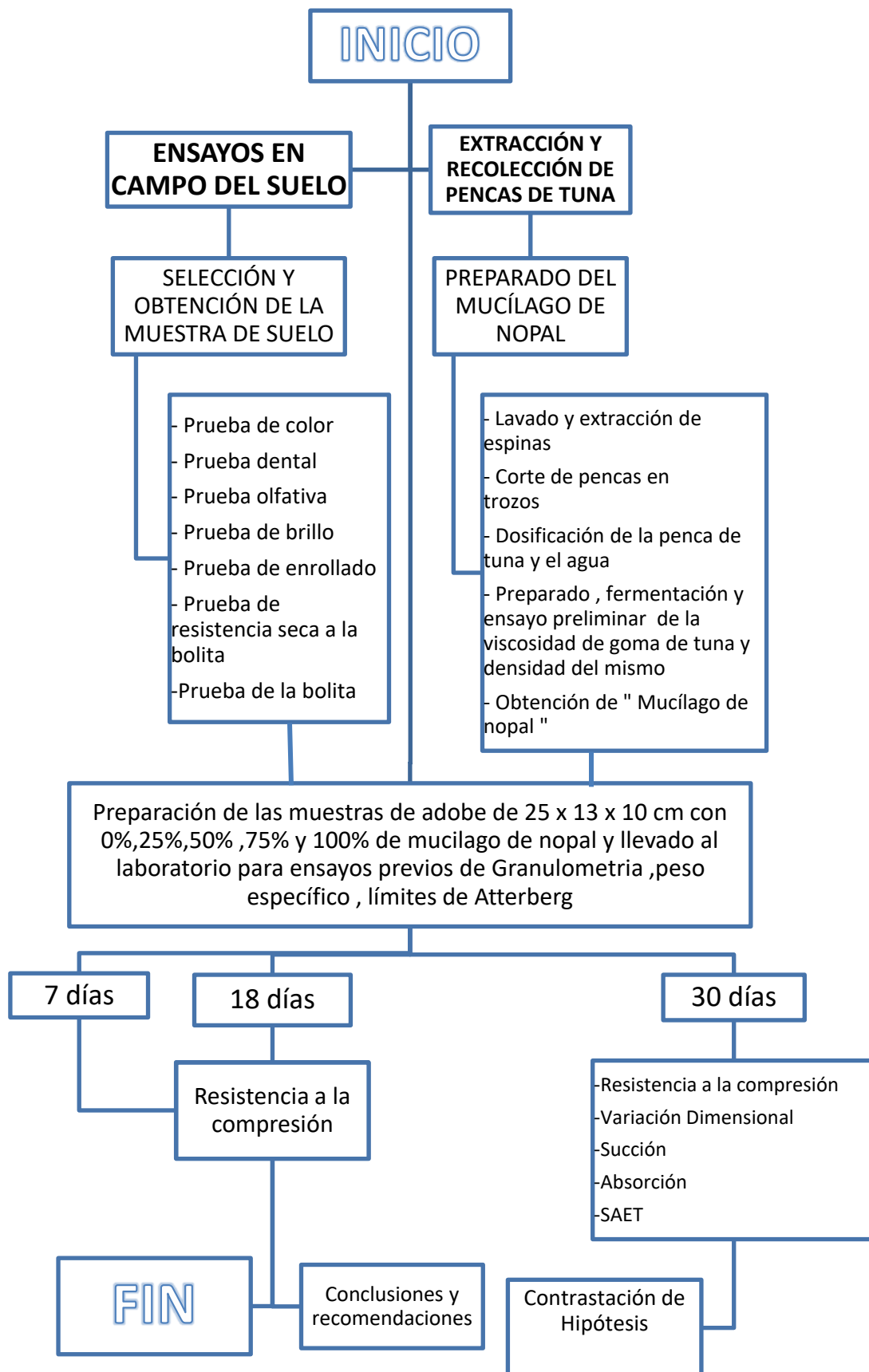
3.3. Diseño de investigación (tipos: experimental y/o no experimental).

La investigación es de naturaleza EXPERIMENTAL, ya que implica someter muestras de adobe a diversas pruebas con el objetivo de observar y evaluar los efectos producidos en ellas. En este caso, se realizarán pruebas de compresión en las muestras de adobe para analizar cómo varía su resistencia con la adición de fibra de nopal y la variación del mismo respecto a sus propiedades físicas. La investigación está orientada al uso de mucilago de nopal con la técnica de maceración tanto en las propiedades físicas como en la resistencia a la compresión del adobe, lo que conduce a nuevos descubrimientos.

Se realizará:

- ✓ Manipulación intencional de variables
 - ✓ Medición de variables
 - ✓ Control y validez
 - ✓ Grupos de comparación
-
- El tipo de investigación según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio es Longitudinal, ya que mediremos en dos o más ocasiones, por eso si realizamos comparaciones (antes y después) son entre muestras relacionadas.
Se cuenta con dos conjuntos de objetos que poseen características idénticas. Antes de llevar a cabo el experimento, se realiza una prueba previa para medir la cualidad que se espera observar. Luego, uno de los conjuntos se somete a un tratamiento experimental, al cual se le denomina grupo experimental, mientras que el otro conjunto se mantiene sin alteraciones y sirve como grupo de control. ([Quintana & Vera, 2017](#))

Figura 17. Diseño de ingeniería



3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Para la presente investigación la población será: Adobes de 25 x 13 x 10 cm elaborados de acuerdo a la ([Norma E.080, 2000](#)) de manera tradicional , del centro poblado Tunsuya con adición del mucílago de nopal macerado en porcentajes de 25% , 50 % 75% y 100%, que es el objetivo o propósito central de estudio ,se eligió este lugar porque hay una gran cantidad de viviendas de adobe, ya que es tradicional construir y mejorar con este material las viviendas, a pesar de las intensas lluvias periódicas en la zona.

3.4.2. Muestra

La cantidad de muestras que se sacará es a juicio de expertos para ensayo de compresión que consta de moldes de adobe con 220 muestras, teniendo en cuenta que cada dosificación se ensayará por días.

Para esta investigación, se utilizó una proporción de 1:1, es decir, 1 kg de agua por cada 1 kg de penca de tuna picada.

Tabla 7. Muestras a realizar

MUESTRAS	NUMERO
Propiedades físicas	45
Ensayo de Compresión	150
SAET	15
Adobes de Prueba	10
Total	220

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Número de unidades de muestras

	DÍAS	0.00%	MUESTRAS DE ADOBE				SUB	TOTAL
			25%	50%	75%	100%	TOTAL	
VARIACIÓN DIMENSIONAL	30 DÍAS	3	3	3	3	3	15	220
ABSORCIÓN	30 DÍAS	3	3	3	3	3	15	
SUCCIÓN	30 DÍAS	3	3	3	3	3	15	
COMPRESIÓN	7 DÍAS	10	10	10	10	10	150	
	18 DÍAS	10	10	10	10	10		
	30 DÍAS	10	10	10	10	10		
Erosión Acelerada (SAET)	30 días	3	3	3	3	3	15	
Adobes De Prueba		2	2	2	2	2	10	
TOTAL		44	44	44	44	44		

Fuente: propia

Muestreo:

Dado que esta investigación no se basará en fórmulas estadísticas ni en probabilidades de selección aleatoria, se utilizará un método no probabilístico para la selección de muestras. En su lugar, las muestras serán seleccionadas de manera intencional y para garantizar que la muestra seleccionada sea representativa la muestra y el muestreo serán iguales.

Criterios de los elementos muestrales:

- ✓ Los adobes de muestra son elaborados utilizando agua potable.
- ✓ Los adobes de muestra son fabricados utilizando una adobera con dimensiones de 25x13x10 cm.
- ✓ Los adobes de muestra son fabricados utilizando paja de la zona.
- ✓ Los adobes de muestra son fabricados utilizando mucílago de nopal extraída de la zona.
- ✓ Los adobes de muestra son fabricados utilizando mucílago de nopal con 18 días de maceración.
- ✓ Se emplea la misma mano de obra en todos los casos.

3.5. Hipótesis.

3.5.1. Hipótesis general.

El uso del Mucílago de Nopal macerado mejorará las propiedades físicas y resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023.

3.5.2. Hipótesis Específicas.

- ✓ El uso del Mucílago de Nopal macerado en una cierta dosificación mejorará la variación dimensional del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería.
- ✓ El uso del Mucílago de Nopal a una cierta dosificación de acuerdo al tiempo de remojo mejorará la absorción y succión del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería.
- ✓ El uso del Mucílago de Nopal macerado en una cierta dosificación mejorará la resistencia a la compresión del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería.
- ✓ El uso del mucilago de nopal macerado aumentara la resistencia a la erosión de la unidad de adobe elaborado en el centro poblado de Tunsuya 2023.

3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional.

Después de determinar las variables (dependientes e independientes) para cada objetivo en particular, se procederá a detallar cómo se mide cada variable, abordando las selecciones de procedimientos e instrumentos necesarios.

Tabla 9. Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
VARIABLES	DIMENSIONES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
<u>Var. Independiente: (X)</u>	Unidades de trozos de penca	Und	Observable de acuerdo a la norma técnica (NTP E0.80) Norma española (une 41410)
Mucílago de Nopal Macerado	Tiempo de remojo	Días	Observable (archivos electrónicos -tesis)
	Proporción (dosificación)	Kg/L	
	Variación dimensional	cm	
<u>Var. Dependiente (Y1)</u>	Absorción	Kg	NTP 399.604 NTP 399.613 Formatos de laboratorio
Propiedades Físicas	Succión	kg	
	Resistencia a la erosión (SAET)	mm	Ensayos SAET Norma española (une 41410)
	Profundidad de oquedad		
<u>Var. Dependiente: (Y2)</u>	Porcentaje de arcilla	%	Ensayos (formatos de laboratorio)
Resistencia a la compresión	Variabilidad de la resistencia a la compresión (a los 7-18 y 30 días)	Kg/cm ²	Ensayos (Norma E0.80)

Fuente: propia

3.7. Técnicas e instrumentos.

Para obtener la información necesaria que respalde la comprobación de las diversas hipótesis planteadas, es esencial desarrollar procedimientos específicos. Se considera que los datos recopilados se derivan de la muestra seleccionada, lo que proporciona información sobre las características de la población y las muestras examinadas.

a) Ensayos en Campo para la Selección del Suelo.

b) Ensayos en Laboratorio para el Suelo.

- Contenido de Humedad.
- Límites de Atterberg.
- Granulometría.

- c) Prueba de Cantidad Optima de Agua y Mucílago en el Adobe.
- d) Materiales Usados en la Elaboración de 01 Adobe para los Diferentes Porcentajes de Mucílago de nopal
- e) Materiales Usados en la Elaboración de Adobes para los Diferentes Porcentajes de Mucílago de nopal.
- f) Ensayos de viscosidad del mucílago de nopal.
- g) Ensayos en Campo para la Selección de Adobes.
- h) Ensayos en Laboratorio para el Adobe.
 - Propiedades Físicas del Adobe.
 - Variación Dimensional.
 - Absorción.
 - Succión.
 - Ensayo de Resistencia a la Compresión en Adobes.
 - Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET).

3.7.1. Técnicas

La técnica aplicada para los cuatro objetivos planteados será la observación del tipo participante - estructurada, en ella el observador se involucra en los eventos de análisis de los ensayos, el cual están predeterminados a través de una guía que rige las observaciones ([Lupicinio, 2008](#)), esto permitirá seleccionar los recursos apropiados para la elaboración del adobe. Así como registrar la información obtenida por los diferentes ensayos que realizaremos durante la investigación, el cual nos permitirá ordenar y llevar un mejor control de los datos.

3.7.2. Instrumentos de recolección

Para este estudio, la información recopilada se registrará en un cuaderno de apuntes, donde se anotarán todos los datos obtenidos en los laboratorios, así como las fotografías tomadas durante todo el proceso, para luego redactarlos de manera más detallada.

A continuación, se detallará cómo y en qué ensayos se utilizarán estos instrumentos:

- El cuaderno de apuntes se empleará en el laboratorio para registrar los resultados preliminares (olor, color y brillo), de los ensayos en campo (presencia de arcilla y cinta de barro) de la tierra, así como en la extracción

del mucílago de nopal y en los ensayos físicos en la unidad de albañilería (absorción y succión) los cuales se obtendrán por observación directa, sin la necesidad de maquinarias o herramientas supervisadas por personal técnico especializado.

- Equipo de laboratorio
- Ensayos de Absorción
- Formatos de laboratorio, estos serán obtenidos en el momento de la experimentación en el laboratorio.
- Fotografías: Este medio será empleado como documentación visual de los procedimientos de los ensayos llevados a cabo en el transcurso de la investigación.
- Equipo para ensayos de prueba de Erosión tipo SAET.

3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.

Examinaremos los mejores materiales para la mezcla mediante pruebas preliminares (evaluación de color, análisis olfativo y prueba de brillo) y ensayos físicos (ensayo de cinta de barro, resistencia en seco, granulometría, peso específico y límites de Atterberg), así como ensayos de densidad y viscosidad para el mucílago de nopal. Posteriormente, utilizaremos la Estadística Descriptiva para analizar y procesar la información recopilada.

Tabla 10. Técnicas e instrumentos de recolección para cada objetivo específico

	TÉCNICAS	MATERIALES ELEMENTOS	ENSAYOS	INSTRUMENTO S
Ensayos Preliminares	Observación: participante-estructurada	Tierra	Pruebas preliminares (olor, color y brillo)	Libreta de apuntes, fotografías
			Pruebas en campo (presencia de arcilla y cinta de barro)	
			Pruebas en laboratorio (granulometría, peso específico, humedad)	
Ensayos Preliminares	Observación: participante-estructurada	Pencas de nopal	Extracción del mucílago de nopal.	cuaderno de apuntes, fotografías
			Ensayo de densidad	Formatos dados por el laboratorio, fotografías
			Ensayo de viscosidad	
Primer Objetivo	Observación: participante-estructurada	Dosificación ideal	Proporciones	Libreta de apuntes, fotografías
		Unidad de albañilería	Ensayos físicos (Variabilidad Dimensional) en unidades de adobe con mucílago de nopal adicionado.	
Segundo objetivo	Observación: participante-estructurada	Dosificación Ideal	Proporciones	Libreta de apuntes, fotografías
		Unidad de albañilería	Ensayos físicos (succión y absorción) en unidades de adobe con mucílago de nopal adicionado.	
Tercer objetivo	Observación: participante-estructurada	Unidad de albañilería	Ensayos de compresión	Formatos establecidos por el laboratorio, fotografías
Cuarto objetivo	Observación: participante-estructurada	Unidad de albañilería	Erosión	Formatos establecidos por cada laboratorio, fotografías

Fuente: Elaboración propia

3.9. Desarrollo Del Trabajo De Tesis:

En el siguiente apartado, se detallarán las metodologías y pruebas que se emplearán para adquirir información esencial que contribuirá al progreso de este estudio.

3.9.1. Procedimiento de Recolección de Datos:

En una primera fase, se llevó a cabo una investigación con el propósito de identificar las características requeridas para los materiales, a fin de que cumplan con los estándares establecidos por la normativa y las recomendaciones de otros expertos para determinar las propiedades físicas. Este proceso se llevó a cabo mediante una visita al lugar de estudio en el Centro Poblado Tunsuya, donde:

- Se tomaron dos muestras de suelo de diferentes ubicaciones, seleccionadas mediante pruebas preliminares y evaluaciones en el campo. Estos resultados se utilizaron para realizar una elección inicial de los materiales, que luego se confirmaron mediante pruebas de laboratorio.

La primera muestra exhibe un suelo de tono mate con una menor presencia de piedras, como se puede apreciar en la figura.

Figura 18. Extracción de la primera muestra



Fuente: propia

Por otro lado, el área de extracción de la segunda muestra presenta un suelo de tonalidad rojiza y una cantidad moderada de piedras.

Figura 19. Lugar de extracción de la segunda muestra



Fuente: propia

- Además, se recolectó paja de la zona, pueblo de Tunsuya, que se incorporará a la mezcla en proporciones que dependerán del tipo de suelo a usar.
- Asimismo, se recolectaron pencas de nopal de Tunsuya, donde se ha encontrado en condiciones adecuadas (no pueden ser maduras), tanto en clima como en zona, ideales para el crecimiento de las pencas de nopal, con el propósito de extraer el mucílago (una sustancia viscosa) que se utilizará como agente estabilizador para impermeabilizar la nueva unidad.

a) Materiales:

- ✓ Machete
- ✓ Tina.
- ✓ Pinzas.
- ✓ Chaleco.
- ✓ Guantes
- ✓ Saquillo

3.9.1.1. Procedimiento De Extracción De Pencas De Nopal:

1) Primero, es crucial localizar las tuneras con la mayor cantidad de pencas jóvenes. Se recomienda extraer estas pencas por la mañana en un día despejado, cuando la savia tiende a ascender hacia las hojas de la planta de tuna.

- 2) Proceder a eliminar las espinas de las pencas del nopal.

Figura 20. Extracción de pencas de nopal



Fuente: propia

- 1) Se empleó una escoba y/o un cepillo para quitar las espinas, también se recurrió a un alicate y pinzas.

Figura 21. Extracción de espinas de la penca de nopal



Fuente: propia

- 2) Una vez retiradas las espinas, se lavan las pencas de nopal utilizando una brocha, y luego se lleva a cabo el conteo de las mismas.

Figura 22. Lavado de penca de nopal



Fuente: propia

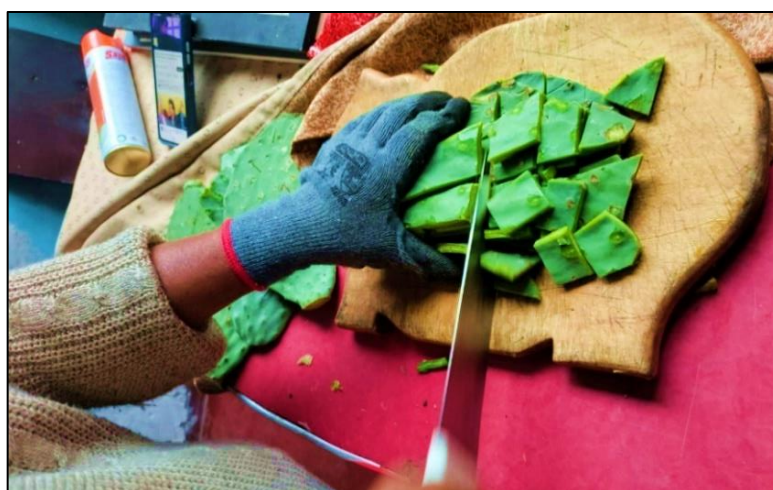
Tabla 11. Cantidad de pencas de nopal extraídas

PENCAS	CANTIDAD	UND
	300	Und

Fuente: propia

- 3) Se corta las pencas del nopal con la ayuda del cuchillo en tamaños aproximados de 2 x 2 cm.

Figura 23. Picado de las pencas de nopal



Fuente: propia

- 4) En una tina se coloca el nopal picado y con agua (proporción 1/1).

Figura 24. Remojo de las pencas de nopal



Fuente: propia

- 5) Luego, se procede a dejar las pencas en un proceso de macerado durante 18 días. Durante este tiempo, las pencas adquieren una mayor viscosidad

Figura 25. Remojo de las pencas de nopal por 18 días



Fuente: propia

- 6) Después de completar los 18 días de maceración, se procede a extraer el mucílago

Figura 26. Remojo de las pencas de nopal por 18 días-resultado



Fuente: propia

Tabla 12. Cantidad de pencas y peso promedio de nopal extraído

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND
Número de pencas	300	und
Peso promedio de la penca	0.6	kg
Peso del mucilago extraído	250	kg

Fuente:

propia

En la siguiente etapa, se llevarán a cabo diversos ensayos para obtener información relevante sobre las características de los materiales (propiedades físicas) destinados a la mezcla.

- Primero, se visitará el laboratorio de mecánica de suelos para realizar análisis de granulometría, determinar el peso específico y evaluar los límites de Atterberg. Estos ensayos ofrecerán información sobre la composición y las propiedades físicas del suelo.
- Seguidamente se elaborará con los materiales más adecuados unidades de albañilería y en el laboratorio de mecánica de suelos se llevará a cabo ensayos de resistencia a la compresión adicionando mucílago de nopal macerado.

3.9.2. Ensayos Preliminares:

Según el libro "Good Earth: Apuntes para el diseño y la construcción con Adobe", los ensayos preliminares suelen ser pruebas de campo ([Urbano, 2001](#)). Estas pruebas son útiles para evaluar las características del suelo antes de su uso en la construcción:

3.9.2.1. Prueba de color: Observación del color del suelo. Los suelos de color negro suelen ser orgánicos, mientras que los suelos de tonalidades claras y brillantes tienden a ser inorgánicos. Los suelos grisáceos pueden indicar limo con carbonato de calcio o suelos poco cohesivos.

a) Materiales a usar:

- Pala.
- Plástico para muestra.
- Pico.

Figura 27. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba de color



Fuente: propia

b) Procedimiento

Primero, se realizó una prueba de color para determinar los indicadores. Se descubrió que la única muestra que se parecía más al tipo de suelo **APTO**, que es el suelo **INORGÁNICO**, era la muestra número uno.

Tabla 13. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de color

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Prueba de color consideraremos suelo apto al suelo INORGÁNICO	Suelos Inorgánicos (claros y brillantes)	SI	NO
	Suelos Orgánicos (negro)	NO	SI
	Suelos poco cohesivos (gris claro, limoso con carbonato cálcico)	NO	SI
RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: propia

3.9.2.2. Prueba Dental: Mediante esta prueba, es viable identificar la presencia de partículas de arena y limo no cohesionadas al escuchar el sonido producido al frotar el material entre los dientes. Se toma una pequeña muestra del material y se comprime entre los dientes. Si no se produce ningún sonido áspero, se trata de un suelo arcilloso. Si se escucha un ligero rechinado, se clasifica como suelo limoso. En cambio, si se percibe un rechinado desagradable, se trata de un suelo arenoso. (Champi Chávez & Sara Chutas, n.d.)

a) Materiales a usar:

- Pala.
- Plástico para muestra.
- Pico

Figura 28. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba dental



Fuente: propia

b) Procedimiento

Con la prueba dental, se puede observar que la **muestra #1** es la muestra **APTA** ya que presenta suelo **ARENOSO**.

Tabla 14. Ensayos de campo para la elección del mejor suelo-Prueba dental

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Prueba dental consideraremos suelo apto al suelo ARENOSO	Limosos: rechinan ligeramente, más suaves en comparación con los arenosos	NO	SI
	Arenosos: rechinan entre los dientes, sensación desagradable, rechinan en los dientes.	SI	NO
	RESULTADO	APTO	NO APTO

Fuente: Propia

3.9.2.3. Prueba olfativa: Evaluación del olor del suelo. Si el suelo tiene un olor rancio, es probable que sea orgánico y no se recomienda para la construcción de elementos.

a) Materiales a usar:

- Pala.
- Plástico para muestra.
- Pico
- Olfato

Figura 29. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba olfativa



Fuente: propia

b) Procedimiento

En la prueba olfativa, la muestra #1 no son suelos ORGÁNICOS.

Tabla 15. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba olfativa

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Prueba olfativa	Suelos orgánicos: olor rancio	NO	SI
Consideraremos suelo apto al suelo SIN OLOR RANCIO	RESULTADO	APTO	NO APTO

Fuente: propia

3.9.2.4. Prueba de brillo: Se toma una muestra de suelo en estado de masilla y se observa su brillo. Los suelos opacos suelen ser arenosos, los suelos mates son limosos con poca arcilla, y los suelos brillantes son arcillosos. Estas características proporcionan una indicación inicial de la composición del suelo y sus propiedades.

A) Materiales a usar:

- Pala.
- Plástico para muestra.
- Pico
- Agua

Figura 30. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba dental



Fuente: propia

b) Procedimiento:

Se ha observado que el suelo de la **muestra #1** es el más adecuado, pues presenta dos características a favor: es opaco, lo cual indica una composición arenosa, y a la vez es brillante, lo que sugiere una composición arcillosa.

Tabla 16. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de brillo

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Prueba de brillo consideraremos suelo apto al suelo OPACO Y BRILLANTE	Suelos Arenosos (opacos)	SI	NO
	Suelos limosos con poca arcilla	NO	SI
	Suelos Brillantes arcillosos	SI	NO
	RESULTADO	APTO	NO APTO

Fuente: propia

3.9.2.5. Prueba del enrollado: Se forma un cilindro de suelo hidratado con dimensiones de 5 a 10 cm y 0.15cm de diámetro y se pasa entre los dedos índice y pulgar, luego se suspende en el aire y se procede a medir la longitud de las partes que se rompen.

- Tierra arcillosa (inadecuada) > 15cm.
- Tierra arenosa (inadecuada) < 5cm.
- Tierra arcillo –arenosa (adecuada).- longitud entre 5 y 15 cm

a) Materiales a usar:

- Pala.
- Plástico para muestra.
- Pico
- Regla metálica

Mediante el sentido del tacto, se percibe que la tira de tierra se corta aproximadamente a los 12 cm en la prueba de cinta de barro. Este resultado sugiere que la muestra de tierra posee un contenido de arcilla de nivel medio.

Figura 31. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba del enrollado



Fuente: Propia

b) Procedimiento:

La **muestra #1** es la indicada ya que cumple con los indicadores de esta prueba.

Tabla 17. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de enrollado

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Prueba del enrollado consideraremos suelo apto al suelo que tiene el rollo que se rompe al alcanzar una longitud entre 5 a 15cm	5CM - Enrollado	NO	NO
	5 a 15 cm - Enrollado	SI	NO
	más de 15 cm - Enrollado	NO	SI
RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: propia

3.9.2.6. Prueba de Resistencia Seca o de la Bolita.

El proceso comienza tomando puñados de tierra seca, que se mezclan a fondo. Luego, se agrega agua gradualmente utilizando una regadera de mano para controlar la cantidad de agua en la mezcla. Después de alcanzar la consistencia deseada, se toma un poco de la mezcla y se forma una bola con la mano, aproximadamente de 5 cm de diámetro. Esta bola se deja caer desde una altura de 1.20 m con el brazo extendido.

Si al caer la bola se disgrega, significa que el material contiene poca agua.

Si al aplastar el suelo no se desintegra, indica que contiene mucha agua.

Y si al desmoronarse, lo hace en grandes trozos, entonces el material es adecuado su uso en la fabricación de adobe seria apto.

Figura 32. Prueba de resistencia seca



Fuente: Propia

a) Procedimiento

Debido a que la bolita se desmoronó en fragmentos grandes, la **muestra #1** uno cumple con todos los indicadores de la prueba de resistencia a la bolita.

Tabla 18. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de enrollado

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Prueba de resistencia seca de la bolita consideraremos suelo apto al suelo que se desmorona en trozos grandes.	Se desmorona en trozos muy grandes	SI	NO
	RESULTADO	APTO	NO APTO

Fuente: propia

Notamos que las bolitas no experimentaron roturas ni grietas durante la prueba. Este resultado nos indica que la tierra examinada contiene arcilla y, por lo tanto, es adecuada para su uso como material de construcción.

3.9.2.7. Prueba de la botella: Se tritura tierra y se coloca en una botella con agua en igual cantidad. Tras agitar y reposar, las partículas más pequeñas, como la arena, se decantan primero, seguidas por los limos, y finalmente las arcillas, las más livianas, se depositan al final.

a) Materiales a usar:

- Plástico para muestra.
- Hoja de cuaderno
- Botella plástica transparente

Figura 33. Muestras de suelo 01 y 02 -Prueba de la botella



Fuente: propia

b) Procedimiento:

En la prueba de la botella, observamos que la **muestra #1 es la mejor respecto a los indicadores.**

Tabla 19. Ensayo de campo para la elección del mejor suelo-Prueba de la botella

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Prueba de la botella consideraremos suelo apto al que cumpla con lo indicado en la norma.	Categoría (60% Arena, 20% Arcilla, 20% Limo)	SI	NO
RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: propia

3.9.2.8. Adobes de Prueba: Antes de hacer el adobe completo, se hacen adobes previos para determinar si el suelo funciona mejor y determinar la cantidad de materiales necesarios (tierra, paja, agua y mucílago).

- ✓ Se realizan 01 adobes previos para cada dosificación y para ambas muestras
- ✓ Se dejan secar, entre los 3 a 7 días, si se observan las rajaduras en los adobes.

Figura 34. Muestras de suelo -Adobes de Prueba



Fuente: propia

Tabla 20. Adobes de Prueba

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Adobes de prueba consideraremos suelo apto a las muestras que no se rajen	Al secarse los adobes se rajan	NO	SI
RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: propia

- Tras llevar a cabo estos ensayos de campo, tenemos que la **muestra del suelo #1** es la más apta para la elaboración de los adobes.

3.9.3. Ensayo de Análisis y control para las unidades de Adobe:

Antes de emprender la construcción con tierra, es esencial comprender la calidad del material. Por lo tanto, resulta aconsejable llevar a cabo una serie de pruebas en el lugar de construcción para evaluar las propiedades de la tierra que se utilizará y descartar aquellas que no sean apropiadas (ICG, 2014)

3.9.3.1. Contenido de Humedad (ASTM D2216-71)

a) Materiales

- Bandeja
- Horno
- Balanza
- Capsula

b) Procedimiento.

1. Pesar un envase de aluminio.
2. Tomar una cantidad apropiada de suelo húmedo en el envase y medir el peso del envase junto con el suelo húmedo.
3. Colocar el envase en un horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas.
4. Una vez que la muestra se haya secado, determinar el peso del envase junto con el suelo seco.
5. Determinaremos el Contenido de humedad del suelo con la siguiente fórmula.

$$\%H = \frac{w_o - w}{w} * 100$$

Donde:

W0: Peso Inicial del Suelo.

W: Peso Seco del Suelo.

%H: Contenido de Humedad del Suelo.

Tabla 21. Contenido de Humedad

DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02
Peso de Cápsula (gr)	19.18	18.30
Peso de Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	101.86	109.84
Peso de Cápsula + Muestra Seca (gr)	91.63	97.33
Peso del Agua (gr)	10.23	12.51
Peso de la Muestra Seca (gr)	72.45	79.03
Peso de la Muestra Húmeda-inicial (gr)	82.68	91.54
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.13%	15.83%

Fuente: propia

3.9.3.2. Límites de Atterberg (ASTM 423-66)

3.9.3.2.1. Límite líquido: MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

a) Materiales

- Recipiente
- Aparato de límite líquido para realizar la ranura de tipo casa grande y ASTM.
- Botella de plástico para cantidades controladas de agua
- Plato evaporador hecho de porcelana.
- Espátula
- Placa de vidrio para el ensayo.
- Varilla de soldadura de 3 mm para visualizar por comparación el diámetro del cilindro para límite plástico (opcional)
- Tamiz N°40
- Vasija hecha de porcelana

b) Procedimiento

1. En una primera etapa, se extrae una porción de muestra que pasa por el tamiz N° 40 y se pesa, junto con los recipientes que la contendrán.
2. Posteriormente, la muestra se somete a un proceso de secado en un horno o estufa.
3. Luego, se procede a mezclar de manera uniforme el suelo con 15ml de agua destilada en una vasija, utilizando una espátula y alternando el proceso. Se añade de 3 ml de agua adicional y se continúa mezclando hasta tener una pasta homogénea.
4. En una segunda fase, se toma una porción de la mezcla y se coloca en la cazuela sobre la base, extendiéndola con la espátula. Se busca lograr una cantidad menor de pasadas y evitar burbujas en la masa.
5. A continuación, se nivela y se empareja el suelo y se alcanza una profundidad de 1 cm, retirando cualquier exceso que pueda haber y devolviéndolo a la vasija de porcelana.
6. En el siguiente paso, se divide la muestra en la taza de bronce con un máximo de 6 pasadas firmes, creando una ranura impecable con dimensiones apropiadas.

7. Luego, se gira la manija a una velocidad específica de golpes por segundo (entre 1.9 y 2.1) hasta que las dos mitades de la pasta de suelo entren en contacto con el fondo de la ranura. Se toma una porción de suelo, de ancho de la espátula, de ambos lados de manera recta, incluyendo la sección que ha hecho contacto. Esta porción se coloca en otro recipiente.
8. Este proceso se repite al menos dos veces más, asegurándose de que el número de golpes para cada prueba esté dentro del rango especificado: 25-35, 20-30 y 15-25 golpes.
9. Los recipientes con las muestras se introducen en el horno durante 24h
10. Finalmente, se procede a pesar las muestras y realizar los cálculos correspondientes. Este procedimiento se utiliza para evaluar la resistencia al corte de la muestra de suelo, proporcionando información relevante sobre sus propiedades mecánicas.

Figura 35. Ensayo de copa de Casagrande



Fuente: propia

3.9.3.2.2. Límite plástico

1. En una primera etapa, se realiza la pesada de los recipientes destinados a contener las muestras. Seguidamente, se extrae una porción del suelo que ha pasado por el tamiz N°40, y se dispone a secar en un horno o estufa.
2. En el siguiente paso, se añade gradualmente agua destilada hasta lograr la formación fácil de una esfera de tierra, evitando que se adhiera en exceso a los dedos al ser aplastada.
3. Posteriormente, se toma una porción de 1.5 a 2.0 gramos de esta esfera, y se rueda con los dedos sobre una superficie lisa hasta obtener cilindros con un diámetro de 3.2 mm. Si durante este proceso la muestra se desmorona o se forman pequeñas fisuras, se repite el procedimiento cuantas veces sea necesario hasta que no se presenten fisuras.
4. Las porciones de muestra que se desmoronaron se depositan en recipientes hasta que su contenido alcance al menos 6 gramos. A continuación, el recipiente con la muestra se introduce en el horno durante un día. Posteriormente, se procede a pesar la muestra y realizar los cálculos correspondientes.
- 5.

Figura 36. Límite Plástico



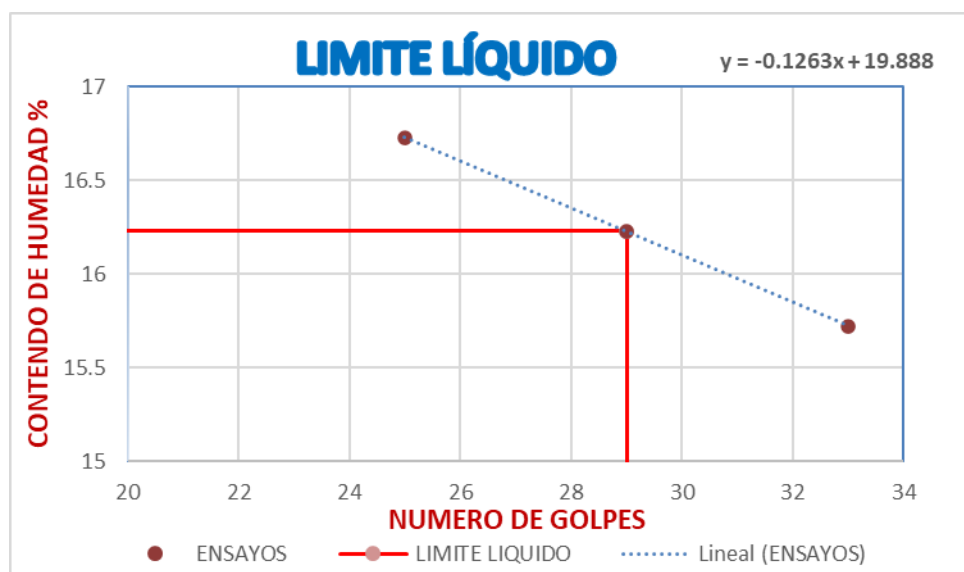
Fuente: propia

Tabla 22. Datos del Límite Líquido

LÍMITE LÍQUIDO		
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02
Peso de Cápsula (gr)	18.40	18.30
Peso de Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	48.44	52.69
Peso de Cápsula + Muestra Seca (gr)	44.36	47.76
Peso de la muestra húmeda (gr)	30.04	34.39
Peso del Agua (gr)	4.08	4.93
Peso de la Muestra Seca (gr)	25.96	29.46
CONTENIDO DE HUMEDAD	15.72%	16.73%
NÚMERO DE GOLPES	33	25

Fuente: propia

Figura 37. Límite Líquido



Fuente: propia

Para determinar el límite líquido, nos basaremos en el manual de ensayo de materiales. El contenido de humedad en la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 29 golpes se considerará como el límite líquido, y este valor se aproximará a un número entero.

Donde X= 29 golpes

$$Y = -0.1263 (29) + 19.888$$

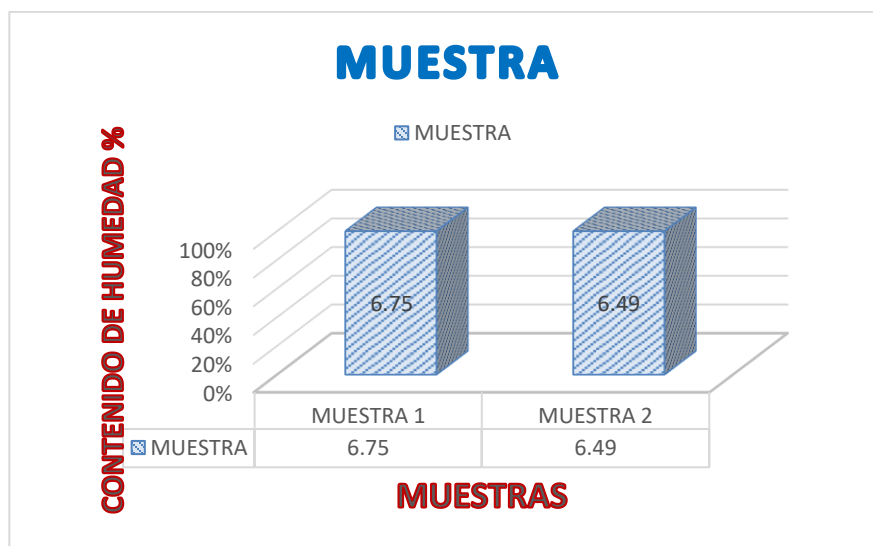
$$Y = 16.225 \text{ o } Y = 16.23\%$$

Tabla 23. Datos del Límite Plástico

LÍMITE PLÁSTICO		
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02
Peso de Cápsula (gr)	17.10	17.40
Peso de Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	22.48	23.47
Peso de Cápsula + Muestra Seca (gr)	22.14	23.10
Peso del Agua (gr)	0.34	0.37
Peso de la Muestra Seca (gr)	5.04	5.70
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.75%	6.49%

Fuente: propia

Figura 38. Límite Plástico



Fuente: propia

Para determinar el límite plástico, seguiremos las indicaciones del manual de ensayo de materiales. Este manual establece que la diferencia entre los resultados de las dos pruebas de contenido de humedad no debe exceder los 2.6. Si esta diferencia no supera dicho límite, el límite plástico será el promedio de los dos contenidos de humedad obtenidos.

✚ Determinación del Límite Plástico

1. Hallaremos la diferencia de contenidos de humedad

$$|cont\ hum\ (1) - cont\ hum\ (2)| \leq 2.6$$

$$|6.75 - 6.49| \leq 2.6$$

$$|0.26| \leq 2.6$$

$$0.26 \leq 2.6 \text{ Cumple}$$

2. Después de completar el primer paso, continuaremos promediando el contenido de humedad de las dos muestras para determinar el límite plástico.

$$LP = \frac{cont\ hum\ (1) + cont\ hum(2)}{2}$$

$$LP = (6.75 + 6.49) / 2$$

$$LP = 6.62$$

3. Hallaremos el índice de plasticidad

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 16.23\% - 6.62\%$$

$$IP = 9.61\%$$

3.9.3.3. Análisis Granulométrico del Suelo:

a) Materiales:

- Juego de tamices.
- Tamizadora.
- Balanza

b) Procedimiento:

1. Se pesa la muestra que se usará en este ensayo.
2. Se organizan los tamices de mayor a menor según la abertura requerida. En este caso, se utilizarán los tamices N°20, N°40, N°60, N°140, N°200 y el tamiz de fondo.
3. Se agrega el material dentro de la columna de tamices, se cierra y se agita vigorosamente durante aproximadamente 10 minutos.
4. Se pesa la cantidad de tierra retenida en cada tamiz utilizando una balanza con una sensibilidad de 0.1 gramos.
5. Finalmente, los datos obtenidos se registran en el formato de prueba con el propósito de poder generar la curva granulométrica a partir de estos datos.

Figura 39. Granulometría de las muestras



Fuente: propia

c) Cálculos

$$\% \text{Retenidos} = \frac{\text{Peso del material retenido}}{\text{Peso total de la muestra seca}} * 100$$

$$\% \text{Pasa} = 100 * \% \text{Retenido Acumulado}$$

Datos:

Antes de lavar la muestra

Muestra seca + Bandeja = 5075.3400 gr

Peso de la Bandeja = 612.83 gr

Peso de la muestra seca = 4462.51 gr

Después de lavar la muestra

Muestra seca + Bandeja = 3404.81 gr

Peso de la Bandeja = 705.70 gr

Peso de la muestra seca = 2701.38 gr

% de error en peso = 0.01%

Tabla 24. Granulometría del suelo

GRANULOMETRIA DEL SUELO						
Mallas estándar		PESOS	PESO	%	% RETENIDO	
Pulg.	Ø mm	Retenidos (gr)	Pasa (gr)	RETENIDO	ACUMULADO	% QUE PASA
# 4	4.75	14.30	4448.21	0.53%	0.53%	99.47%
# 8	2.36	66.40	4381.81	2.45%	2.98%	97.02%
# 10	2.00	36.10	4345.71	1.33%	4.31%	95.69%
# 16	1.18	91.40	4254.31	3.38%	7.69%	92.31%
# 30	0.60	135.30	4119.01	5.00%	12.69%	87.31%
# 40	0.42	220.30	3898.71	8.14%	20.83%	79.17%
# 50	0.30	482.40	3416.31	17.83%	38.66%	61.34%
# 100	0.15	897.50	2518.81	33.17%	71.83%	28.17%
# 200	0.0075	720.10	1798.71	26.62%	98.45%	1.55%
Cazuela	-	41.70		1.54%	99.99%	0.01%
Lavado	-	1757.01		64.94%		
Total, fracción retenida en lavado =		2705.50		99.99%		

Fuente: propia

3.9.3.4. Ensayo de Viscosidad del Mucílago de nopal

a) Materiales

- Mucílago de nopal macerado de hasta 42 días, evaluados cada 3 días
- Cronómetro
- Vaso
- Esfera (canica)

b) Procedimiento

Se llevarán a cabo diversas mezclas con diferentes proporciones de mucílago de nopal con el objetivo de producir el nuevo adobe estabilizado. La intención es evaluar y seleccionar la fórmula que demuestre un mejor desempeño en términos de impermeabilidad, en comparación con las propiedades del adobe convencional. Este ensayo lo realizaremos con mucilagos con tiempo de maceración de cada 03 días la misma muestra.

Encontramos la densidad del mucílago de nopal utilizando la siguiente ecuación:

$$D_m = \frac{m}{v}$$

Donde:

Dm= Densidad del Mucílago. (gr/cm3)

m= Masa del Mucílago (gr)

v= Volumen del Mucílago (cm³)

Reemplazamos:

La masa del mucilago en relación al agua está en una proporción de 1:1, de esta manera tenemos masa del mucilago 1026.42

$$D_m = \frac{1026.42g}{1L} = \frac{1026.42g}{1000 \text{ cm}^3} = 1.026 \text{ g/cm}^3$$

El mismo procedimiento para cada uno de las muestras y cada tres días.

Hallamos la densidad de la canica, y calculamos el volumen mediante la siguiente fórmula:

$$vol = \frac{4}{3} * \pi * r^3$$

Donde:

VOL= Volumen (cm³)

$\pi = 3.14$

r = Radio de la Canica (cm)

Reemplazamos:

$$vol = \frac{4}{3} * 3.14 * 0.84^3 = 2.48 \text{ cm}^3$$

$$\text{Luego: } D_c = \frac{mc}{vc} = \frac{5.09}{2.48} = 2.052 \frac{g}{\text{cm}^3}$$

Reemplazamos en la fórmula de densidad para hallar la densidad de la canica, una vez con todos los datos, hallamos las velocidades, con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

V= Velocidad

D= distancia (cm)

T= tiempo (s)

Para ello necesitamos un vaso de cristal donde colocaremos el mucílago (1000ml).

Reemplazamos:

$$V = \frac{9 \text{ cm}}{0.43 \text{ s}} = 20.930 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

Soltamos la canica desde una altura medida y registramos el tiempo que tarda en chocar a la base. Luego, utilizaremos este tiempo en la siguiente fórmula:

$$\text{viscosidad} = \frac{2 * (D_{\text{canica}} - D_{\text{mucilago}}) * g * r^2}{9 * \text{Velocidad}}$$

Donde:

D canica= Densidad de la Canica (g/cm³)

D mucílago= Densidad del Mucílago (g/cm³)

g= Gravedad (cm/s²)

r= Radio de la Canica (cm)

Vel= Velocidad (cm/s)

Reemplazamos:

$$\text{viscosidad} = \frac{2 * (2.052 - 1.026) * 981 * 0.84^2}{9 * 20.930} = 7.540 \text{ poise}$$

Datos:

Π=3.14

Radio= 0.84 cm

Vol canica=2.48 cm³

Vol Mucílago = 1000 cm³

Distancia = 9 cm

Gravedad = 981 cm/s²

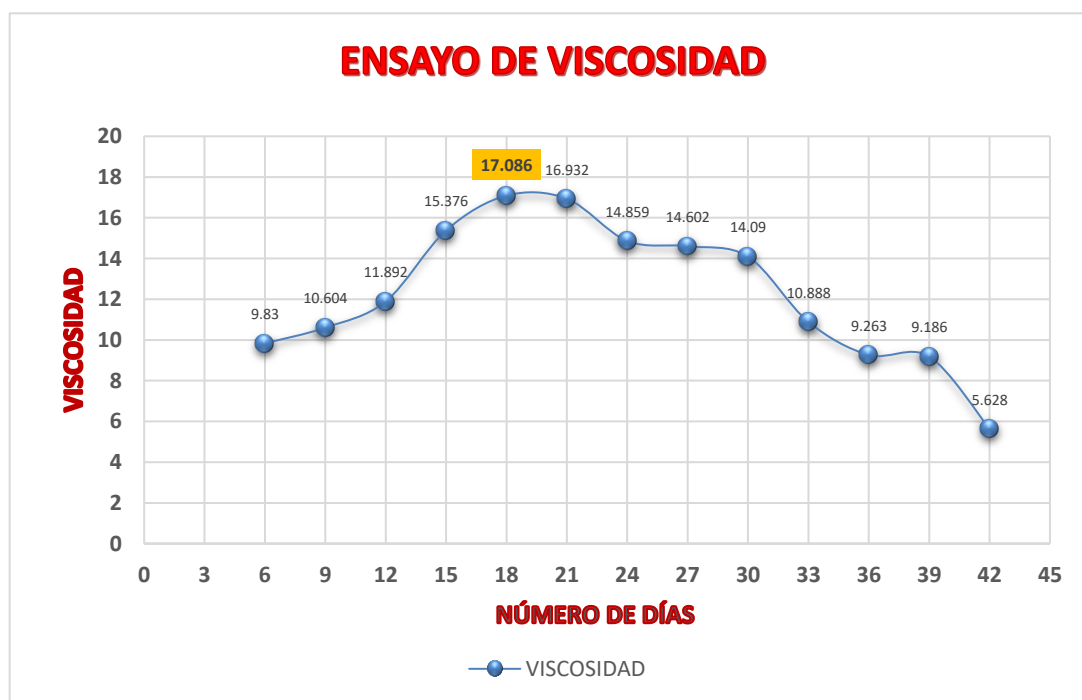
Dc = 2.052 g/cm³

Tabla 25. Ensayo de Viscosidad

DIAS	DESCRIPCION	MASA (g)	TIEMPO (seg)	DENSIDAD (g/cm ³)	VELOCIDAD (cm/seg)	VISCOSIDAD (POISE) (g/(cm*s))
ALOS 3 DIAS	CANICA	5.09	0.43	2.052	20.930	7.540
	MUCÍLAGO	1026.30		1.026		
A LOS 6 DIAS	CANICA	5.09	0.57	2.052	15.789	9.830
	MUCÍLAGO	1043.40		1.043		
A LOS 9 DIAS	CANICA	5.09	0.67	2.052	13.433	10.604
	MUCÍLAGO	1126.15		1.126		
ALOS 12 DIAS	CANICA	5.09	0.78	2.052	11.538	11.892
	MUCÍLAGO	1160.25		1.160		
A LOS 15 DIAS	CANICA	5.09	1.26	2.052	7.143	15.376
	MUCÍLAGO	1338.40		1.338		
A LOS 18 DIAS	CANICA	5.09	1.42	2.052	6.338	17.086
	MUCÍLAGO	1348.15		1.348		
ALOS 21 DIAS	CANICA	5.09	1.44	2.052	6.250	16.932
	MUCÍLAGO	1363.50		1.364		
A LOS 25 DIAS	CANICA	5.09	1.26	2.052	7.143	14.859
	MUCÍLAGO	1362.40		1.362		
A LOS 27 DIAS	CANICA	5.09	1.24	2.052	7.258	14.602
	MUCÍLAGO	1363.10		1.363		
ALOS 30 DIAS	CANICA	5.09	1.20	2.052	7.500	14.090
	MUCÍLAGO	1364.50		1.365		
A LOS 33 DIAS	CANICA	5.09	0.93	2.052	9.677	10.888
	MUCÍLAGO	1367.20		1.367		
A LOS 36 DIAS	CANICA	5.09	0.79	2.052	11.392	9.263
	MUCÍLAGO	1365.63		1.366		
ALOS 39 DIAS	CANICA	5.09	0.78	2.052	11.538	9.186
	MUCÍLAGO	1363.40		1.363		
A LOS 42 DIAS	CANICA	5.09	0.48	2.052	18.750	5.628
	MUCÍLAGO	1366.12		1.366		

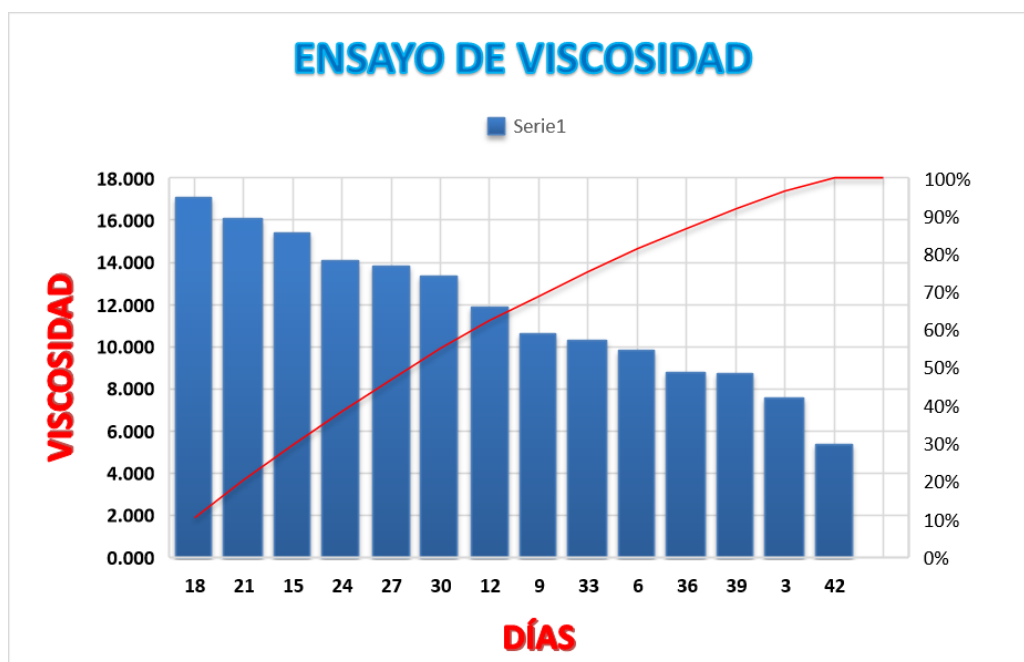
Fuente: Propia

Figura 40. Ensayo de Viscosidad



Fuente: propia

Figura 41. Diagrama de barras del Ensayo de Viscosidad



Fuente: Propia

- ✚ Por lo tanto, el mucilago de nopal alcanzara su máxima viscosidad a los 18 días con una viscosidad de 17.086 Poise.

3.9.4. Elaboración de los adobes

a) Materiales

- Gabera
- Pico y pala.
- Cernidor
- Envase con medida
- Romana.
- Balde.

Procedimiento

Se optó por seguir el proceso descrito en el Manual de construcción: Edificaciones de adobe ([Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010](#)) A continuación, se detalla el procedimiento de manera organizada:

1. Primero, se calculan los porcentajes de mucílago de nopal y agua a añadir, basados en el peso seco del suelo. Luego, se tamiza la tierra con una malla de 0.5 cm.
2. Luego, se distribuyen las cantidades de tierra correspondientes a los diferentes porcentajes de mucílago sobre una superficie plástica, con el fin de facilitar la mezcla y evitar el desperdicio del mucílago.
3. Se corta la paja cada 10 cm. Con el objetivo de prevenir posibles grietas, se emplearon alrededor de 10 kilogramos de paja de trigo seca recolectada en el Centro Poblado de Tunsuya. Además, para dar forma a los ladrillos de adobe, se utilizó una gabera, y cada uno de estos espacios tenía dimensiones internas de 25 cm x 10 cm x 13 cm.
4. Antes de comenzar la elaboración de los adobes, se prepara el área donde serán colocados. Es importante que las adoberas hayan sido remojadas en agua unas horas antes de su utilización.

Figura 42. Gabera con dimensiones de 25cm x 10cm x13cm



Fuente: propia

Figura 43. Mezcla con mucílago de nopal



Fuente: propia

5. Seguidamente, se crearon 5 conjuntos de ladrillos de adobe, cada uno con diferentes proporciones de mucílago de nopal. El primer grupo se consideró como el conjunto de referencia, muestras sin mucílago de nopal, mientras que los otros cuatro grupos contaban con la misma cantidad de litros de mucílago de nopal a concentraciones diferentes.

Figura 44. Elaboración de adobes



Fuente: propia

Figura 45. Elaboración de adobes



Fuente: propia

6. Después de completar la fabricación de los adobes, se los envuelve en plástico para resguardarlos. Después de transcurrir 3 días, se los voltea, y al quinto día se apilan en un espacio cerrado para protegerlos del sol y prevenir grietas o fisuras durante

el secado completo. Durante este proceso, se registra el porcentaje de humedad de cada uno de los adobes para asegurar que se sequen adecuadamente.

Figura 46. Protección de los adobes con plástico



Fuente: propia

Figura 47. Almacenamiento de los adobes para su secado



Fuente: propia

Figura 48. Almacenamiento de los adobes para su secado



Fuente: propia

Tabla 26. Dosificación de agua y mucilago de nopal óptimos

CANTIDAD DE AGUA Y MUCÍLAGO DE NOPAL ÓPTIMO PARA 01 ADOBE				
INSUMOS	TIERRA gr	AGUA gr	MUCÍLAGO gr	PAJA gr
1	5000.00	1000.00	1540.00	170.00
2	5000.00	1001.00	1590.00	170.00
3	5000.00	1000.00	1520.00	170.00
4	5000.00	1000.00	1560.00	170.00
5	5000.00	999.00	1510.00	170.00
6	5000.00	1000.00	1530.00	170.00
7	5000.00	1000.00	1520.00	170.00
8	5000.00	1002.00	1510.00	170.00
9	5000.00	998.00	1540.00	170.00
10	5000.00	1000.00	1520.00	170.00
PROM =		1000.00	1534.00	

Fuente: propia

Tabla 27. Dosificación de agua y mucílago de nopal óptimos para 1 adobe para los diferentes porcentajes

MUCÍLAGO AL 0%			MUCÍLAGO AL 25%		MUCÍLAGO AL 50%		MUCÍLAGO AL 75%		MUCÍLAGO AL 100%	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	CANTIDAD	UND	CANTIDAD	UND	CANTIDAD	UND	CANTIDAD	UND
TIERRA	5000.00	gr	5000.00	gr	5000.00	gr	5000.00	gr	5000.00	gr
AGUA	1000.00	gr	750.00	gr	500.00	gr	250.00	gr	0.00	gr
MUCÍLAGO	0.00	gr	383.50	gr	767.00	gr	1150.50	gr	1534.00	gr
PAJA	170.00	gr	170.00	gr	170.00	gr	170.00	gr	170.00	gr

Fuente: propia

Tabla 28. Cantidad de materiales usados en adobes al 0% de mucílago de nopal

MUCÍLAGO AL 0%			ENSAYO	CANTIDAD	MUCÍLAGO AL 0%		
PARA 01 ADOBE			VARIACIÓN DIMENSIONAL	3	PARA 44 ADOBES		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	ABSORCIÓN	3	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND
TIERRA	5000.00	gr	SUCCIÓN	3	TIERRA	220.00	kg
AGUA	1000.00	gr	COMPRESIÓN	30	AGUA	44.00	kg
MUCÍLAGO	0.00	gr	SAET	3	MUCÍLAGO	0.00	kg
PAJA	170.00	gr	PROVISIONAL	2	PAJA	7.48	kg
TOTAL				44			

Fuente: propia

Tabla 29. Cantidad de materiales usados en adobes al 25% de mucílago de nopal

MUCÍLAGO AL 25%			ENSAYO	CANTIDAD	MUCÍLAGO AL 25%		
PARA 01 ADOBE			VARIACIÓN DIMENSIONAL	3	PARA 44 ADOBES		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	ABSORCIÓN	3	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND
TIERRA	5000.00	gr	SUCCIÓN	3	TIERRA	220.00	kg
AGUA	750.00	gr	COMPRESIÓN	30	AGUA	33.00	kg
MUCÍLAGO	383.50	gr	SAET	3	MUCÍLAGO	16.874	kg
PAJA	170.00	gr	PROVISIONAL	2	PAJA	7.48	kg
TOTAL				44			

Fuente: propia

Tabla 30. Cantidad de materiales usados en adobes al 50% de mucílago de nopal

MUCÍLAGO AL 50%			ENSAYO	CANTIDAD	MUCÍLAGO AL 50%		
PARA 01 ADOBE			VARIACIÓN DIMENSIONAL	3	PARA 44 ADOBES		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	ABSORCIÓN	3	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND
TIERRA	5000.00	gr	SUCCIÓN	3	TIERRA	220.00	kg
AGUA	500.00	gr	COMPRESIÓN	30	AGUA	22.00	kg
MUCÍLAGO	767.00	gr	SAET	3	MUCÍLAGO	33.75	kg
PAJA	170.00	gr	PROVISIONAL	2	PAJA	7.48	kg
			TOTAL	44			

Fuente: propia

Tabla 31. Cantidad de materiales usados en adobes al 75% de mucílago de nopal

MUCÍLAGO AL 75%			ENSAYO	CANTIDAD	MUCÍLAGO AL 75%		
PARA 01 ADOBE			VARIACIÓN DIMENSIONAL	3	PARA 44 ADOBES		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	ABSORCIÓN	3	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND
TIERRA	5000.00	gr	SUCCIÓN	3	TIERRA	220.00	kg
AGUA	250.00	gr	COMPRESIÓN	30	AGUA	11.00	kg
MUCÍLAGO	1150.50	gr	SAET	3	MUCÍLAGO	50.62	kg
PAJA	170.00	gr	PROVISIONAL	2	PAJA	7.48	kg
			TOTAL	44			

Fuente: propia

Tabla 32. Cantidad de materiales usados en adobes al 100% de mucílago de nopal

MUCÍLAGO AL 100%			ENSAYO	CANTIDAD	MUCÍLAGO AL 100%		
PARA 01 ADOBE			VARIACIÓN DIMENSIONAL	3	PARA 44 ADOBES		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND	ABSORCIÓN	3	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UND
TIERRA	5000.00	gr	SUCCIÓN	3	TIERRA	220.00	kg
AGUA	0.00	gr	COMPRESIÓN	30	AGUA	0.00	kg
MUCÍLAGO	1534.00	gr	SAET	3	MUCÍLAGO	67.50	kg
PAJA	170.00	gr	PROVISIONAL	2	PAJA	7.48	kg
			TOTAL	44			

Fuente: propia

3.9.5. Ensayos de Análisis y Control del Adobe en Laboratorio

3.9.5.1. Propiedades físicas:

3.9.5.1.1. Variación Dimensional

Materiales:

- Regla de Acero.
- Cuaderno de apuntes.
- 3 unidades de adobe con 0%, 25%, 50% y 100% de Mucílago de nopal cada una.

Procedimiento:

1. Se seleccionan 3 unidades para cada porcentaje de mucílago de nopal.
2. El ancho se mide en ambos extremos y caras desde el punto medio de los bordes, y se promedia con precisión de 0.5 mm.
3. La altura se mide de manera similar, con medidas promediadas y precisión de 0.5 mm.
4. El ensayo se repite si es necesario, y se reportan los promedios del ancho, largo y alto de cada espécimen con precisión de 1 mm.

Figura 49. Toma de medidas de los adobes con mucílago de nopal.



Fuente: propia

Tabla 33. Medidas tomadas de los adobes con % de mucilago de nopal

ADOBE CON 0% DE MUCILAGO DE TUNA							
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio (mm)	Nominal (mm)	VD (%)
1	248.5	250	249	250.5	249.5	250	0.20%
	129	129.5	128.5	129	129.0	130	0.77%
	93	92	92.5	92	92.375	100	7.63%
2	248	249	249.4	248.5	248.85	250	0.46%
	125.2	125.6	125.8	125.6	125.55	130	3.42%
	93	92	92.5	92	92.38	100	7.63%
3	249	248.5	249	248	248.63	250	0.55%
	129	129.5	128.5	129	129	130	0.77%
	91	93	92.5	92.5	92.25	100	7.75%
ADOBE CON 25% DE MUCILAGO DE NOPAL							
1	248.5	249	249	248.5	248.75	250	0.50%
	127	126.5	126	126.8	126.575	130	1.35%
	94	93	93.5	93.5	93.5	100	6.63%
2	249	249	249.5	249	249.125	250	0.35%
	128	128.5	126	126	127.125	130	2.21%
	94	93.5	92.5	93.5	93.375	93	6.63%
3	248.5	249	249	248.5	248.75	251	0.50%
	128	128.5	128.5	128	128.25	130	1.35%
	94	93	93	93.5	93.375	100	6.63%
ADOBE CON 50% DE MUCILAGO DE NOPAL							
1	248.5	249	246	246	247.38	250	1.05%
	126	126.5	126.0	126.0	126.25	130	2.88%
	95	95.5	94.5	95.0	92.63	100	7.38%
2	247.5	247.0	247.0	247.50	247.25	250	1.10%
	128	128.5	128.0	128.5	130.00	130	1.35%
	92.5	93	92.5	92.5	92.625	100	7.30%
3	246.0	246.0	246.5	246.4	246.23	250	1.51%
	132.5	132.5	132.0	132.0	132.25	130	-1.73%
	96.5	97.0	97	96	96.63	100	3.38%
ADOBE CON 75% DE MUCILAGO DE NOPAL							
1	249.5	249	249.5	248.9	2479.23	250	0.31
	127.0	128.5	127.0	128.5	127.75	130	1.73%
	92.5	92.7	93.0	93.0	92.80	100	7.20%
2	246.5	246.5	247.0	247.0	246.73	250	1.31%
	129.3	129.0	129.3	129.0	129.15	130	0.65%

	97.8	97.9	97.8	98.0	97.88	100	2.13%
	252.2	250.5	250.5	253.0	251.55	250	-0.62%
3	133.5	132.8	133	132.8	133.03	130	-2.33%
	97.5	97	97.5	97.3	97.33	100	2.68%
ADOBE CON 100% DE MUCILAGO DE NOPAL							
	256.0	254.5	255.8	254.5	255.20	250	-2.08%
1	130.7	129.5	129.5	131.0	130.18	130	-0.13%
	98.5	99.0	98.5	99.0	98.75	100	1.25%
	252.1	253.5	252.1	253.0	252.68	250	-1.07%
2	131.9	132.5	131.5	132.5	132.10	130	-1.62%
	101.2	101.5	101.2	101.5	101.35	100	-1.35%
	250.1	250.5	250.0	250.1	250.28	250	-0.11%
3	137.0	137.5	135.5	135.5	136.38	130	-4.90%
	98.5	101.6	102	98.5	100.15	100	-0.15%

Fuente: propia

3.9.5.1.2. Absorción

a) Materiales

- Horno
- Bandeja
- Termómetro
- Guantes
- Balanza.

b) Procedimiento

El presente ensayo detalla el método recomendado para analizar la capacidad de absorción de agua en adobes, conforme a las directrices establecidas en las normas NTP 399.604 y 399.613. Se describen los siguientes pasos:

1. **Selección de unidades de muestra:** Se aconseja elegir al menos tres unidades para el ensayo según lo establecido en las normas mencionadas. No obstante, en este caso se emplean cinco unidades.
2. **Preparación de los adobes:** Los adobes se someten al horno a una temperatura entre 110°C y 115°C, seguido de su pesaje una vez enfriados a temperatura ambiente.

3. **Repetición del tratamiento:** Se repite el ciclo de calentamiento y pesaje hasta que no se detecte ninguna alteración en el peso de los adobes.
4. **Enfriamiento de los adobes:** Tras cada tratamiento, se recomienda enfriar los adobes sin amontonarlos en un espacio ventilado, manteniéndolos a temperatura ambiente durante al menos cuatro horas.
5. **Inmersión en agua destilada:** Los adobes secos se sumergen en agua destilada a 15°C-30°C durante 24 horas.
6. **Retirada del agua y pesaje:** Al concluir el tiempo de inmersión, se retiran los adobes del agua, se elimina el exceso de líquido con un paño húmedo y se procede a pesarlos. Este pesaje debe realizarse dentro de los primeros cinco minutos tras sacar los adobes del recipiente.

Figura 50. Adobe sumergido en agua



Fuente: propia

c) Cálculo de Prueba

Usamos la siguiente fórmula:

$$\%Absorción = \frac{(Ws - Wd)}{Wd} * 100$$

Donde:

Wd: Peso seco del espécimen.

Ws: Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua fría durante 24

horas.

Tabla 34. Medidas tomadas de la absorción de los adobes con mucilago de nopal

% MUCILAGO DE TUNA	Espécimen Seco (gr)	Espécimen Saturado (gr)	Hora	Absorción (%)	Promedio (%)
0%	5101.12	-	0	NO PRESENTA	
	5225.30	-	0	NO PRESENTA	
	5304.10	-	0	NO PRESENTA	
25%	5265.20	-	0	NO PRESENTA	
	5026.40	-	0	NO PRESENTA	
	5035.50	-	0	NO PRESENTA	
50%	5010.00	-	0	NO PRESENTA	
	4974.40	-	0	NO PRESENTA	
	4995.20	-	0	NO PRESENTA	
75%	5058.20	5489.25	24	7.85%	
	5224.10	5631.19	24	7.23%	8.23%
	5054.80	5540.30	24	9.60%	
100%	4905.00	5241.05	24	6.41%	
	4995.00	5387.98	24	7.29%	
	4910.30	5392.20	24	8.94%	7.55%

Fuente: propia

3.9.5.1.3. Succión

a) Materiales

- Horno
- Bandeja
- Termómetro
- Guantes
- Balanza.

b) Procedimiento

1. La evaluación de succión se fundamenta en la normativa NTP 399.613 y su propósito es determinar el índice de absorción inicial del material bajo prueba, es decir, la cantidad de agua que el adobe puede absorber en un período estandarizado de 1 minuto.
2. Los adobes se someten a un proceso de secado en un horno a temperaturas entre 110°C y 115°C durante 24 horas. Este procedimiento busca garantizar que los resultados reflejen únicamente la cantidad de agua absorbida desde la bandeja, eliminando así la influencia de la humedad natural presente en la unidad de adobe.
3. Después de tomar las medidas de las unidades de adobe para calcular el área en contacto con el agua base rectangular uniforme.
4. Se procede a acondicionar el área de trabajo, asegurándose de nivelar la superficie sobre la cual se colocará la bandeja. Posteriormente, se ajusta la posición de la bandeja para garantizar que su fondo esté completamente nivelado. Luego, se colocan cuatro tuercas como soportes. A continuación, se añade agua a temperatura ambiente hasta que el nivel alcance aproximadamente $3 \text{ mm} \pm 0.25 \text{ mm}$ por encima de los soportes.
5. Se coloca el espécimen en la bandeja preparada, asegurándose de apoyarlo en las tuercas dispuestas como soporte, y se procede a medir el tiempo con un cronómetro durante un minuto.
6. Luego, se retira el adobe y se seca la superficie sumergida con un paño o franela para proceder a pesar nuevamente el espécimen. Este peso final de la muestra incluye el peso del agua succionada durante el minuto de inmersión. El secado de la superficie de la muestra se completa en un lapso máximo de 10 segundos después de retirar el espécimen y se pesa nuevamente en los siguientes dos minutos.
7. Calculamos mediante la siguiente formula

$$Succión = \frac{(P_{su} - P_{se})}{A} * 200$$

Dónde:

Psu: peso de unidad en succión

Pse: peso de unidad en seco

A: área de contacto de la unidad

Tabla 35. Medidas tomadas de la Succión de los adobes con mucilago de nopal

% MUCILAGO DE TUNA	Área superficie (cm ²)	Peso Seco (gr)	Peso con agua (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)	Succión promedio(gr/min/200cm ²)
0%	324.06	5101.1	-	-	NO
	319.12	5217.2	-	-	PUDIMOS
	320.50	5236.0	-	-	EVALUAR
25%	322.23	5103.4	5104.1	-	NO
	327.16	5233.4	5217.6	-	PUDIMOS
	328.24	4965.0	4956.2	-	EVALUAR
50%	325.25	5009.5	5077.4	41.75	
	319.49	5048.3	5119.2	44.39	41.26
	325.72	5000.1	5061.4	37.64	
75%	326.82	4969.0	5014.9	28.09	
	321.44	4959.2	5010.1	31.67	31.30
	324.63	4896.5	4951.9	34.13	
100%	328.20	4712.2	4729.1	10.30	
	329.82	4697.4	4714.5	10.36	10.43
	335.14	4903.4	4921.2	10.62	

Fuente: propia

Figura 51. Adobe sumergido en agua



Fuente: propia

Figura 52. Adobe sumergido en agua



Fuente: propia

3.9.5.2. Ensayo de resistencia a la compresión

Conforme a la ([Norma E.080, 2000](#)) titulada "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada," acompañado de normas del (NTP 399.605), se establece la necesidad de realizar un mínimo de 6 pruebas con el propósito de seleccionar los 3 resultados más sobresalientes, con el fin de obtener el valor promedio máximo. Estos ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio privado. El procedimiento detallado a continuación describe cómo se llevará a

cabo utilizando una Máquina Universal, de acuerdo con las indicaciones de (Nieto & Tello, 2019)

a) Materiales

- Jebe
- Equipo de compresión.
- Brocha.
- Tiza.
- Arco de sierra.

b) Procedimiento

Resistencia a la compresión de la unidad según Norma:

$f_o = 12 \text{ kgf/cm}^2$ Norma E.080 Adobe (2006).

$f_o = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$ Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada (2017).

1. Inicialmente, se toman tres muestras de cada concentración cada una con dimensiones de 25 cm x 10 cm x 13 cm, y se colocan sobre el soporte de la máquina. El cabezal de la máquina se baja hasta que la muestra falle.
Es crucial tener en cuenta tres aspectos fundamentales en este ensayo:
 - ✓ El centro del soporte debe coincidir con la superficie del bloque en contacto con el espécimen.
 - ✓ Si el área del soporte es menor que la cara del espécimen, se debe colocar una placa de acero en la parte superior e inferior del espécimen, con ciertas especificaciones para garantizar la calidad.
 - ✓ Si la superficie del espécimen es irregular, se indica rellenarla con pasta de cemento Portland o una mezcla con azufre antes de aplicar el recubrimiento, asegurando así un contacto uniforme con los cabezales de la máquina.
2. Para llevar a cabo el ensayo, se utilizan equipos y herramientas especializados, como el Equipo de Aplicación de Carga, Calibrador Vernier, Accesorios del Ensayo, y un Computador con software especializado para el registro de datos y control del proceso. Además, se especifican las dimensiones iniciales de las muestras y se lleva a cabo una calibración precisa del equipo antes de cada ensayo.
3. Luego con la ayuda de un arco de sierra se continuó con el cortado de cubos
4. Se calcular la fuerza al cual ha sido expuesta nuestro testigo una vez falle.

c) Calculo:

$$f_o = \frac{P}{A}$$

Dónde:

fo: Fuerza a Compresión del Adobe

P: Fuerza que se le Aplica al Adobe

A: Área del Adobe que está en Contacto con la Fuerza que se Ejerce.

Tabla 36. Medidas tomadas de la Compresión de los adobes a los 7 días

DATOS DE LAS MUESTRAS CON 0% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 7 DÍAS						
Nº	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm ²)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm ²)
1	M-1	25.06	13.01	325.95	16.6	5.1
2	M-2	25.13	13.12	329.59	15.1	4.6
3	M-3	25.05	13.05	326.89	17.0	5.2
4	M-4	25.08	13.03	326.74	16.6	5.1
5	M-5	25.05	13.08	327.74	17.7	5.4
6	M-6	25.12	13.06	328.01	16.6	5.1
7	M-7	25.08	13.07	327.82	15.1	4.6
8	M-8	25.05	13.01	325.87	16.8	5.2
9	M-9	25.02	13.14	328.74	16.4	5.0
10	M-10	25.00	13.09	327.29	17.8	5.4
DATOS DE LAS MUESTRAS CON 25% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 7 DÍAS						
1	M-1	25.15	13.07	328.59	25.5	7.8
2	M-2	25.06	13.00	325.90	24.3	7.5
3	M-3	25.10	13.06	327.96	25.9	7.9
4	M-4	25.13	13.15	330.44	26.3	8.0
5	M-5	25.06	13.09	327.96	25.3	7.7
6	M-6	25.03	13.10	327.94	25.6	7.8

5.1

7.8

7	M-7	25.01	13.07	327.01	26.1	8.0	
8	M-8	25.13	13.04	327.77	24.9	7.6	
9	M-9	25.14	13.14	330.29	26.1	7.9	
10	M-10	25.08	13.08	327.94	25.8	7.9	
DATOS DE LAS MUESTRAS CON 50% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 7 DÍAS							
1	M-1	25.07	13.09	328.23	29.0	8.8	
2	M-2	25.05	13.12	328.68	29.9	9.1	
3	M-3	25.01	13.08	327.27	30.0	9.2	
4	M-4	25.11	13.06	327.93	30.6	9.3	
5	M-5	25.13	13.03	327.47	30.4	9.3	
6	M-6	25.02	13.11	328.09	29.1	8.9	9.1
7	M-7	25.05	13.12	328.79	29.9	9.1	
8	M-8	25.12	13.09	328.92	30.7	9.3	
9	M-9	25.13	13.14	330.14	29.2	8.8	
10	M-10	25.10	13.01	326.60	31.5	9.6	
DATOS DE LAS MUESTRAS CON 75% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 7 DÍAS							
1	M-1	25.07	13.07	327.74	38.9	11.9	
2	M-2	25.13	13.02	327.11	38.4	11.7	
3	M-3	25.11	13.05	327.75	37.4	11.4	
4	M-4	25.05	13.12	328.58	36.6	11.1	
5	M-5	25.04	13.08	327.52	37.8	11.5	
6	M-6	25.13	13.03	327.46	37.6	11.5	11.5
7	M-7	25.07	13.06	327.38	38.1	11.6	
8	M-8	25.09	13.13	329.34	36.6	11.1	
9	M-9	25.14	13.03	327.45	36.5	11.1	
10	M-10	25.14	13.08	328.77	37.9	11.5	
DATOS DE LAS MUESTRAS CON 100% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 7 DÍAS							
1	M-1	25.14	13.02	327.36	41.6	12.7	13.5

2	M-2	25.04	13.15	329.16	43.8	13.3
3	M-3	25.01	13.12	328.14	43.5	13.3
4	M-4	25.07	13.13	329.09	45.5	13.8
5	M-5	25.09	13.06	327.70	46.0	14.0
6	M-6	25.13	13.12	329.78	43.3	13.1
7	M-7	25.03	13.08	327.48	45.6	13.9
8	M-8	25.11	13.07	328.20	44.0	13.4
9	M-9	25.05	13.03	326.30	44.8	13.7
10	M-10	25.06	13.06	327.24	44.1	13.5

Fuente: propia

Tabla 37. Medidas tomadas de la Compresión de los adobes con mucilago de nopal
A los 18 días

DATOS DE LAS MUESTRAS CON 0% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 18 DÍAS							
Nº	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)	PROMEDIO
1	M-1	25.15	13.12	330.01	18.4	5.6	6.0
2	M-2	25.13	13.02	327.31	19.6	6.0	
3	M-3	25.02	13.07	326.94	20.6	6.3	
4	M-4	25.01	13.06	326.75	20.4	6.2	
5	M-5	25.14	13.09	329.16	18.5	5.6	
6	M-6	25.07	13.04	326.96	19.7	6.0	
7	M-7	25.08	13.02	326.41	18.4	5.6	
8	M-8	25.10	13.06	327.95	21.8	6.6	
9	M-9	25.02	13.10	327.82	21.0	6.4	
10	M-10	25.15	13.15	330.64	18.7	5.7	
DATOS DE LAS MUESTRAS CON 25% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 18 DÍAS							
1	M-1	25.07	13.10	328.32	27.7	8.4	8.6

2	M-2	25.04	13.06	327.16	30.4	9.3
3	M-3	25.05	13.08	327.74	26.7	8.2
4	M-4	25.14	13.05	327.95	27.5	8.4
5	M-5	25.11	13.04	327.34	28.0	8.6
6	M-6	25.09	13.07	328.03	27.3	8.3
7	M-7	25.12	13.11	329.27	29.9	9.1
8	M-8	25.10	13.12	329.29	26.9	8.2
9	M-9	25.10	13.06	327.75	29.8	9.1
10	M-10	25.10	13.02	326.84	28.9	8.8

DATOS DE LAS MUESTRAS CON 50% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 18 DÍAS

1	M-1	25.06	13.10	328.23	37.4	11.4
2	M-2	25.07	13.07	327.70	36.1	11.0
3	M-3	25.08	13.13	329.30	36.8	11.2
4	M-4	25.08	13.10	328.58	37.5	11.4
5	M-5	25.06	13.02	326.27	37.9	11.6
6	M-6	25.00	13.11	327.82	37.8	11.5
7	M-7	25.10	13.04	327.27	36.4	11.1
8	M-8	25.07	13.13	329.25	35.2	10.7
9	M-9	25.05	13.12	328.59	35.3	10.7
10	M-10	25.03	13.08	327.31	38.9	11.9

11.3

DATOS DE LAS MUESTRAS CON 75% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 18 DÍAS

1	M-1	25.06	13.09	327.96	45.7	13.9
2	M-2	25.02	13.05	326.56	47.1	14.4
3	M-3	25.07	13.08	327.89	47.2	14.4
4	M-4	25.08	13.15	329.68	47.0	14.2
5	M-5	25.08	13.13	329.35	45.9	13.9
6	M-6	25.12	13.07	328.34	46.9	14.3

14.2

7	M-7	25.12	13.01	326.95	47.3	14.5
8	M-8	25.11	13.10	328.81	47.4	14.4
9	M-9	25.06	13.03	326.49	45.3	13.9
10	M-10	25.04	13.07	327.15	45.7	14.0
DATOS DE LAS MUESTRAS CON 100% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 18 DÍAS						
1	M-1	25.13	13.13	330.06	58.2	17.6
2	M-2	25.14	13.00	326.84	57.2	17.5
3	M-3	25.12	13.05	327.83	58.4	17.8
4	M-4	25.12	13.04	327.57	59.8	18.3
5	M-5	25.13	13.04	327.73	59.2	18.1
6	M-6	25.04	13.00	325.55	57.0	17.5
7	M-7	25.02	13.02	325.71	59.0	18.1
8	M-8	25.09	13.09	328.36	60.7	18.5
9	M-9	25.07	13.15	329.58	60.8	18.5
10	M-10	25.03	13.15	329.10	57.4	17.4

17.9

Fuente: propia

Tabla 38. Medidas tomadas de la Compresión de los adobes con mucilago de nopal
A los 30 días

DATOS DE LAS MUESTRAS CON 0% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 30 DÍAS							
Nº	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm ²)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECÍFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm ²)	PROMEDIO
1	M-1	25.08	13.11	328.80	23.8	7.2	7.5
2	M-2	25.00	13.00	325.00	26.3	8.1	
3	M-3	25.13	13.08	328.70	23.2	7.1	
4	M-4	25.10	13.18	330.82	26.1	7.9	
5	M-5	25.11	13.16	330.32	25.1	7.6	

6	M-6	25.06	13.17	330.02	24.2	7.3
7	M-7	25.11	13.00	326.47	24.4	7.5
8	M-8	25.15	13.15	330.63	25.7	7.8
9	M-9	25.01	13.07	326.98	23.0	7.0
10	M-10	25.13	13.11	329.43	24.7	7.5

DATOS DE LAS MUESTRAS CON 25% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 30 DÍAS

1	M-1	25.06	13.05	327.03	30.7	9.4
2	M-2	25.18	13.18	331.87	34.9	10.5
3	M-3	25.16	13.14	330.60	34.2	10.3
4	M-4	25.07	13.15	329.67	34.8	10.6
5	M-5	25.12	13.09	328.77	34.3	10.4
6	M-6	25.15	13.14	330.45	34.0	10.3
7	M-7	25.13	13.09	328.96	34.2	10.4
8	M-8	25.16	13.05	328.29	34.7	10.6
9	M-9	25.03	13.09	327.66	34.9	10.7
10	M-10	25.12	13.01	326.72	33.6	10.3

10.3

DATOS DE LAS MUESTRAS CON 50% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 30 DÍAS

1	M-1	25.10	13.10	328.81	41.7	12.7
2	M-2	25.20	13.04	328.61	42.8	13.0
3	M-3	25.19	13.13	330.74	43.1	13.0
4	M-4	25.12	13.08	328.57	44.2	13.5
5	M-5	25.12	13.10	329.08	41.8	12.7
6	M-6	25.06	13.09	327.98	41.3	12.6
7	M-7	25.04	13.00	325.54	43.1	13.2
8	M-8	25.10	13.16	330.15	44.0	13.3
9	M-9	25.16	13.20	332.15	43.3	13.0
10	M-10	25.01	13.05	326.28	43.5	13.3

13.0

DATOS DE LAS MUESTRAS CON 75% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 30 DÍAS						
1	M-1	25.04	13.12	328.52	55.7	17.0
2	M-2	25.09	13.14	329.68	56.8	17.2
3	M-3	25.03	13.07	327.14	57.6	17.6
4	M-4	25.07	13.02	326.41	58.3	17.9
5	M-5	25.16	13.18	331.63	55.8	16.8
6	M-6	25.02	13.06	326.71	57.8	17.7
7	M-7	25.13	13.05	327.90	56.8	17.3
8	M-8	25.09	13.01	326.47	55.9	17.1
9	M-9	25.05	13.05	326.82	56.7	17.3
10	M-10	25.10	13.11	328.89	55.6	16.9
DATOS DE LAS MUESTRAS CON 100% DE MUCILAGO DE NOPAL A LOS 30 DÍAS						
1	M-1	25.14	13.07	328.58	68.8	20.9
2	M-2	25.10	13.18	330.82	70.4	21.3
3	M-3	25.13	13.10	329.20	71.6	21.7
4	M-4	25.07	13.16	329.92	71.4	21.6
5	M-5	25.02	13.02	325.73	69.1	21.2
6	M-6	25.14	13.17	331.03	70.7	21.4
7	M-7	25.00	13.00	325.04	70.2	21.6
8	M-8	25.01	13.12	328.10	68.0	20.7
9	M-9	25.02	13.00	325.28	68.7	21.1
10	M-10	25.03	13.16	329.32	68.0	20.6

17.3

21.2

Fuente: propia

Figura 53. Ensayo a la compresión



Fuente: propia

Figura 54. Ensayo a la Compresión



Fuente: propia

3.9.6.4. Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET).

a) Materiales

- Horno.
- Carretilla.
- Equipo SAET.
- Agua.
- Varilla de 3mm de diámetro.

b) Procedimiento.

Se comenzó a seleccionar adobes aleatoriamente y se curaron durante 30 días antes del ensayo. La Norma Española UNE 41410:2008 sobre bloques de tierra comprimida para muros y tabiques es la base de este ensayo. Según la norma, se deben ensayar al menos 2 unidades. En este caso, usamos diez unidades por cada porcentaje de adobe.

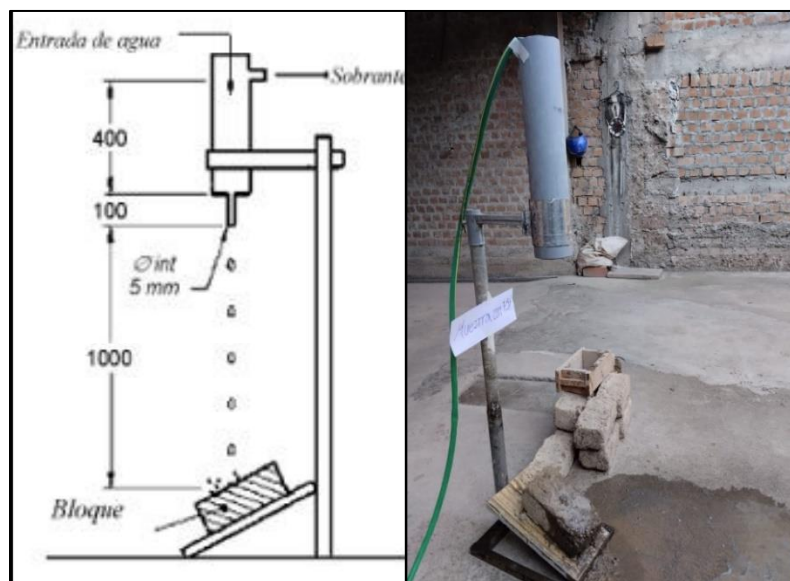
Figura 55. Seleccionado aleatoriamente de los Adobes para el Ensayo de SAET



Fuente: fotografía de los adobes

Para asegurarse de que el equipo de SAET tenga un caudal constante que pueda ingresar, se coloca una madera con una inclinación de 27 grados en la base del equipo.

Figura 56. Detalles del equipo SAET.



Fuente: elaboración propia

Al cabo de diez minutos, se quita el adobe y se deja orear durante dos minutos. Luego, se usa una varilla de 3 mm de diámetro para medir la oquedad que deja el ensayo en el adobe.

Figura 57. Proceso del ensayo SAET.



Fuente: elaboración propia

c) Cálculo:

Se clasificará con un Bloque apto, Bloque no apto.

D= profundidad de la oquedad (mm)

$0 \leq D \leq 10$	<i>Bloque apto</i>
$D > 10$	<i>Bloque no apto</i>

Figura 58. Proceso del ensayo SAET.



Fuente: elaboración propia

Tabla 39. Resultados del Ensayo de SAET

% MUCILAGO DE TUNA	Tiempo (min)	Oquedad (mm)	PROM	APTO
0%	10	29	29.7	No Apto
	10	28		
	10	32		
25%	10	24	23.3	No Apto
	10	27		
	10	19		
50%	10	17	15	No Apto
	10	13		
	10	15		
75%	10	9	7	Apto
	10	7		
	10	5		
100%	10	2	3	Apto
	10	4		
	10	3		

Fuente: propia

4. RESULTADOS

4.1. Contrastación De Hipótesis

4.1.1. Hipótesis General

Se logró demostrar la Hipótesis General la cual menciona que **“El uso del Mucílago de Nopal macerado mejorará las propiedades físicas y resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023”**. Pues al elaborar las muestras de adobe sustituyendo el agua por mucílago de nopal en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%, se observa una mejora en los resultados de las propiedades físicas, así como una mejora en la resistencia a compresión del adobe a medida que se incrementa la cantidad de mucílago. Esto cumple con todos nuestros supuestos parciales, las cuales indican una mejora sustancial en las muestras con la sustitución parcial y total del agua por mucílago de nopal. En resumen, se obtienen mejores resultados en las propiedades físicas y la resistencia a la compresión del adobe a medida que aumenta su porcentaje de mucílago.

Tabla 40. Resultados de Variación Dimensional - Promedio

	Adobes con 0% de mucílago	Adobes con 25% de mucílago	Adobes con 50% de mucílago	Adobes con 75% de mucílago	Adobes con 100% de mucílago
LARGO	0.40%	0.45%	1.22%	0.33%	-1.09 %
ANCHO	3.94%	1.64%	0.83%	0.02%	-2.22%
ALTURA	7.67%	6.63%	6.02%	4.00%	-0.08%

Fuente: propia

Tabla 41. Resultados de ensayo de Absorción - Promedio

	Adobes con 0% de Mucílago	Adobes con 25% de Mucílago	Adobes con 50% de Mucílago	Adobes con 75% de Mucílago	Adobes con 100% de Mucílago
Muestra	NO EVALUA	NO EVALUA	NO EVALUA	8.23%	7.55%

Fuente: propia

Tabla 42. Resultados de ensayo de Succión - Promedio

	Adobes con 0% de Mucílago de nopal	Adobes con 25% de Mucílago de nopal	Adobes con 50% de Mucílago de nopal	Adobes con 75% de Mucílago de nopal	Adobes con 100% de Mucílago de nopal
Muestra	NO EVALUA	NO EVALUA	41.26	31.30	10.43

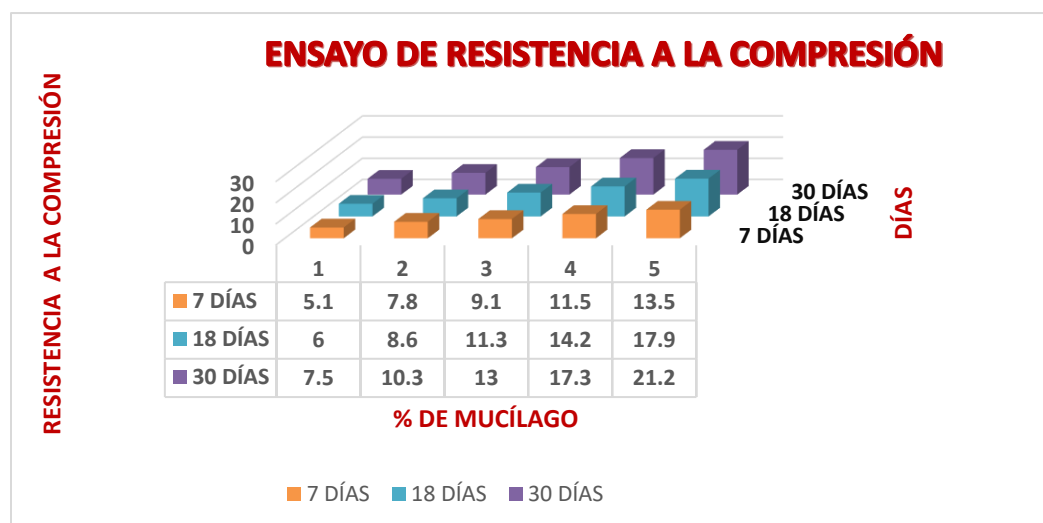
Fuente: propia

Tabla 43. Resultados de ensayo de Compresión-promedio

% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	0% kg/cm2	25% kg/cm2	50% kg/cm2	75% kg/cm2	100% kg/cm2
7 DÍAS	5.1	7.8	9.1	11.5	13.5
18 DÍAS	6.0	8.6	11.3	14.2	17.9
30 DÍAS	7.5	10.3	13.0	17.3	21.2

Fuente: propia

Figura 59. Diagrama de barras de la Resistencia a la Compresión



Fuente: propia

4.1.2. Ensayos Preliminares

4.1.2.1. Resultados de los Ensayos de Análisis y Control del Suelo en Laboratorio.

Después de realizar estos ensayos preliminares que son de campo y según la tabla 44 se puede observar que la muestra de suelo más indicada es la Muestra N°1. Esto lleva a la

conclusión de que mientras mejores propiedades físicas tengan el suelo en los resultados del ensayo de campo influirán significativamente en la elaboración de los mismos y por lo tanto en la mejora de las propiedades físicas que para la sub hipótesis específica N° 01 será la variabilidad dimensional.

Tabla 44. Resultado del Ensayo de campo para la selección del suelo

TIPO	INDICADORES	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Prueba de color consideraremos suelo apto al suelo INORGÁNICO	Suelos Inorgánicos (claros y brillantes)	SI	NO
	Suelos Orgánicos (negro)	NO	SI
	Suelos poco cohesivos (gris claro, limoso con carbonato cálcico)	NO	SI
	RESULTADO	APTO	NO APTO
Prueba dental consideraremos suelo apto al suelo ARENOSO	Limosos: rechinan ligeramente, más suaves en comparación con los arenosos	NO	SI
	Arenosos: rechinan entre los dientes, sensación desagradable, rechinan en los dientes.	SI	NO
	RESULTADO	APTO	NO APTO
	RESULTADO	APTO	NO APTO
Prueba olfativa Consideraremos suelo apto al suelo SIN OLOR RANCIO	Suelos orgánicos: olor rancio	NO	SI
	RESULTADO	APTO	NO APTO
Prueba de brillo consideraremos suelo apto al suelo OPACO Y BRILLANTE	Suelos Arenosos (opacos)	SI	NO
	Suelos limosos con poca arcilla	NO	SI
	Suelos Brillantes arcillosos	SI	NO
	RESULTADO	APTO	NO APTO
Prueba del enrollado consideraremos suelo apto al suelo que tiene el rollo que se rompe al alcanzar una longitud entre 5 a 15cm	5CM - Enrollado	NO	NO
	5 a 15 cm - Enrollado	SI	NO
	más de 15 cm - Enrollado	NO	SI
	RESULTADO	APTO	NO APTO
Prueba de resistencia seca de la bolita consideraremos suelo apto al suelo que se desmorona en trozos grandes.	Se desmorona en trozos muy grandes	SI	NO
	RESULTADO	APTO	NO APTO
Adobes de prueba consideraremos suelo apto a las muestras que no se rajen	Al secarse los adobes se rajan	NO	SI
	RESULTADO	APTO	NO APTO
Prueba de la botella consideraremos suelo apto al que cumpla con lo indicado en la norma.	Rangos (60% Arena, 20% Arcilla, 20% Limo)	SI	NO
	RESULTADO	APTO	NO APTO

Fuente: propia

4.1.2.2. Resultado de los Ensayos preliminares y físicos del Control del Suelo en Laboratorio.

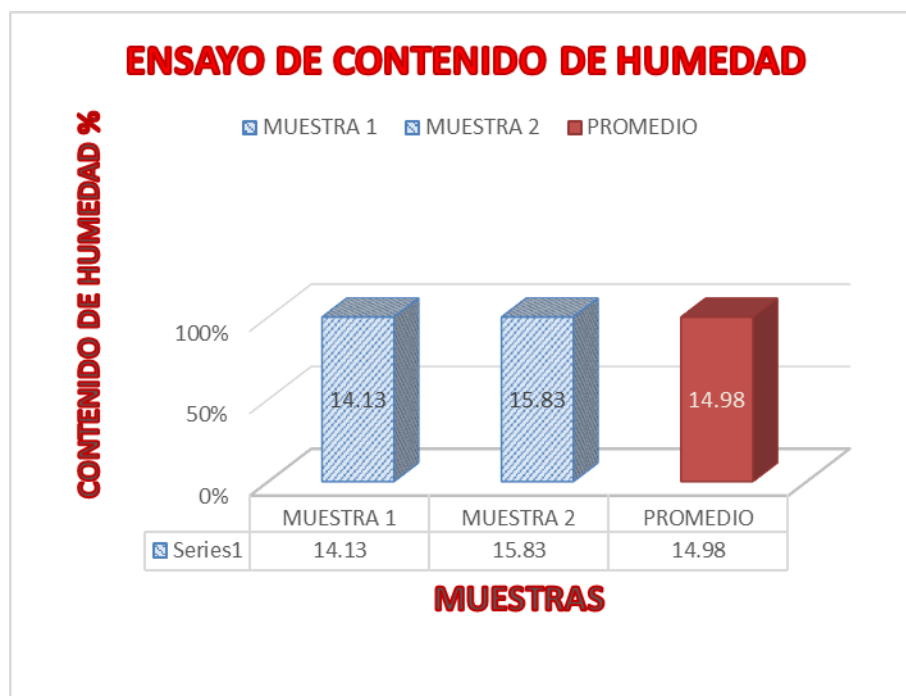
4.1.2.2.1. Resultado del Ensayo de Contenido de Humedad del suelo

Tabla 45. Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad.

DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02
Peso de Cápsula (gr)	19.18	18.30
Peso de Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	101.86	109.84
Peso de Cápsula + Muestra Seca (gr)	91.63	97.33
Peso del Agua (gr)	10.30	12.51
Peso de la Muestra Seca (gr)	72.45	79.03
Peso de la muestra Húmeda Inicial (gr)	82.68	91.54
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.13%	15.83%
		14.98 %

Fuente: propia

Figura 60. Diagrama de barras del Contenido de Humedad



Fuente: propia

✚ De ahí obtenemos que el Contenido de Humedad promedio es = 14.98 %

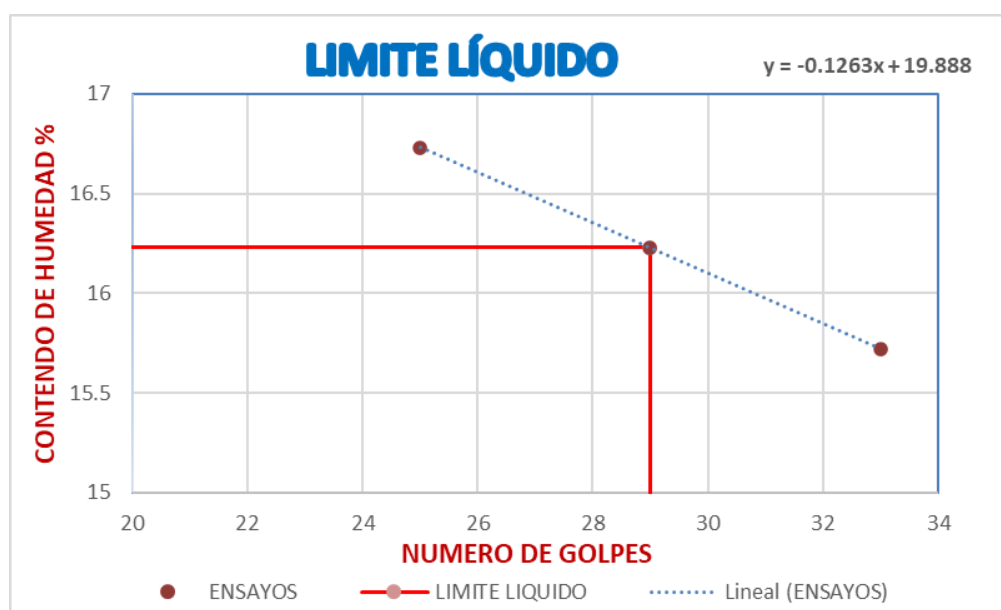
4.1.2.2.2. Resultados del ensayo de Límite de Atterberg

Tabla 46. Resultado del Ensayo de Límite Líquido

LÍMITE LÍQUIDO			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	
Peso de Cápsula (gr)	18.40	18.30	
Peso de Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	48.44	52.69	
Peso de Cápsula + Muestra Seca (gr)	44.36	47.76	
Peso de la muestra húmeda (gr)	30.04	34.39	
Peso del Agua (gr)	4.08	4.93	
Peso de la Muestra Seca (gr)	25.96	29.46	
CONTENIDO DE HUMEDAD	15.72%	16.73%	16.23%
NÚMERO DE GOLPES	33	25	29

Fuente: propia

Figura 61. Gráfica del Límite Líquido



Fuente: propia

Límite Líquido = 16.23%

- Del ensayo de límite líquido llevado a cabo en el laboratorio, se concluye que, con el promedio de golpes, que en este caso será 29 golpes, la humedad obtenida es de 16.23%, representando este valor como resultado.

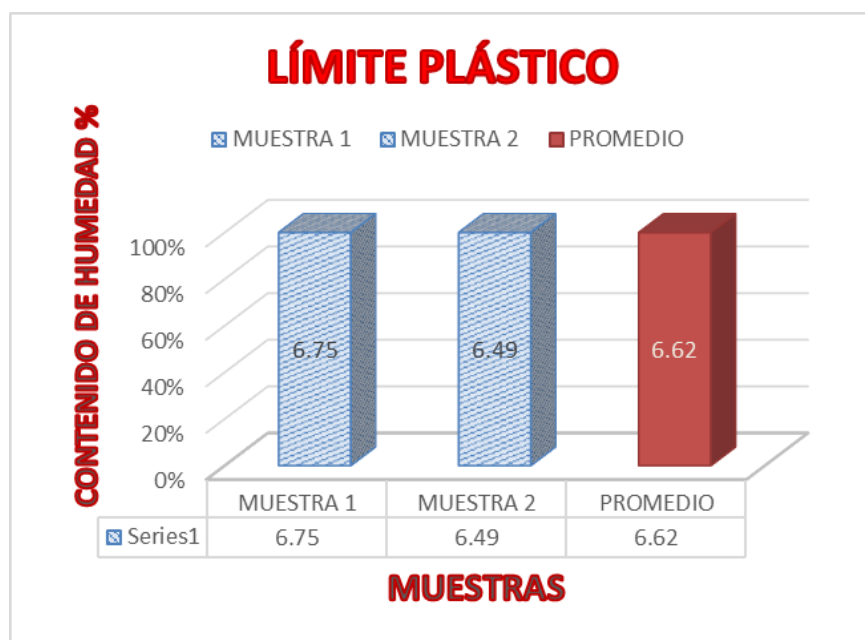
4.1.2.2.3. Resultados del ensayo de Límite Plástico

Tabla 47. Resultado del Ensayo de Límite Plástico

LÍMITE PLÁSTICO			
DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	
Peso de Cápsula (gr)	17.10	17.40	
Peso de Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	22.48	23.47	
Peso de Cápsula + Muestra Seca (gr)	22.14	23.10	
Peso del Agua (gr)	0.34	0.37	
Peso de la Muestra Seca (gr)	5.04	5.70	
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.75%	6.49%	6.62 %

Fuente: propia

Figura 62. Gráfica del Límite Plástico



Fuente: Propia

- ✚ A partir del ensayo de límite Plástico, se concluye que, la humedad obtenida es de 6.62 % representando este valor como resultado.
- ✚ Y el índice de Plasticidad es $= 16.23\% - 6.62\% = 9.61\%$

4.1.2.2.4. Resultados del Ensayo de Granulometría

Datos:

Antes de lavar la muestra

Muestra seca + Bandeja = 5075.3400 gr

Peso de la Bandeja = 612.83 gr

Peso de la muestra seca = 4462.51 gr

Después de lavar la muestra

Muestra seca + Bandeja = 3404.81 gr

Peso de la Bandeja = 705.70 gr

Peso de la muestra seca = 2701.38 gr

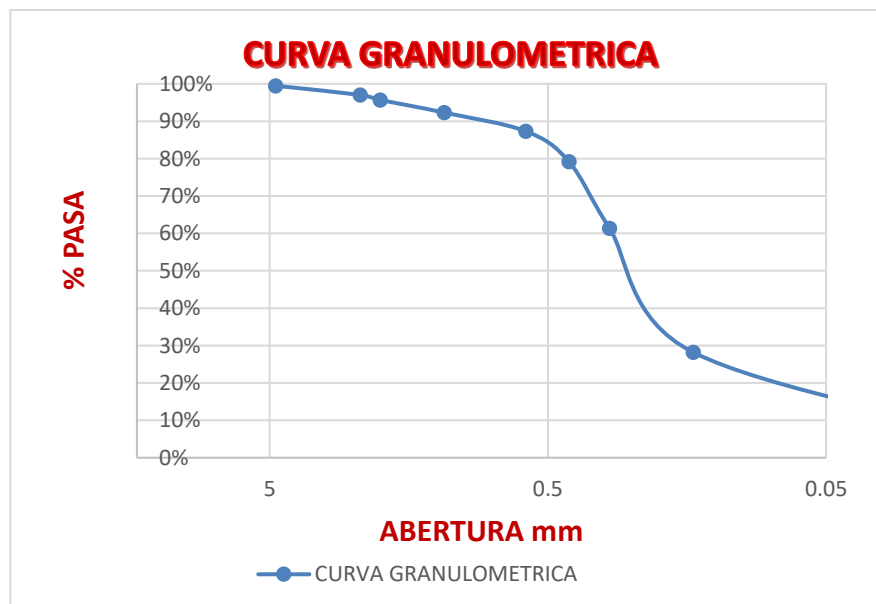
% de error en peso = 0.01%

Tabla 48. Granulometría del suelo

GRANULOMETRIA DEL SUELO						
Mallas estándar		PESOS	PESO	%	% RETENIDO	
<u>Pulg.</u>	Ø mm	Retenidos (gr)	Pasa (gr)	RETENIDO	ACUMULADO	% QUE PASA
# 4	4.75	14.30	4448.21	0.53%	0.53%	99.47%
# 8	2.36	66.40	4381.81	2.45%	2.98%	97.02%
# 10	2.00	36.10	4345.71	1.33%	4.31%	95.69%
# 16	1.18	91.40	4254.31	3.38%	7.69%	92.31%
# 30	0.60	135.30	4119.01	5.00%	12.69%	87.31%
# 40	0.42	220.30	3898.71	8.14%	20.83%	79.17%
# 50	0.30	482.40	3416.31	17.83%	38.66%	61.34%
# 100	0.15	897.50	2518.81	33.17%	71.83%	28.17%
# 200	0.0075	720.10	1798.71	26.62%	98.45%	1.55%
Cazuela	-	41.70		1.54%	99.99%	0.01%
Lavado	-	1757.01		64.94%		
Total, fracción retenida en lavado =		2705.50		99.99%		

Fuente: propia

Figura 63. Curva de la Granulometría del suelo



Fuente: propia

De acuerdo con el sistema SUSC, los suelos se clasifican en dos categorías: Suelos de Partículas Gruesas y Suelos de Partículas Finas, en función del tamaño de la malla número 200. Si más de la mitad del material queda retenido en la malla N°200, se considera un Suelo de Partículas Gruesas. En cambio, si más de la mitad del material pasa a través de esta malla, se clasifica como Suelo de Partículas Finas.

- ✚ En nuestro caso, dado que el 1.55% del material pasa a través de la malla N°200, se considera como Suelos de Partículas Gruesas

La determinación se realiza también mediante la malla #4: si más de la mitad del material pasa a través de esta malla, se denomina como Arena; en cambio, si más de la mitad queda retenida, se clasifica como Gravas.

- ✚ En nuestro caso, dado que el 99.47% del material pasa a través de la malla N°4, se clasifica como Arena.

En esta etapa, se presentan subdivisiones: Arenas Limpias y Arenas con Finos, dependiendo de la cantidad de porcentaje de material que pase a través de la malla N°200, lo cual se considera:

<5%---- GW, GP, SW, SP

>12%--- GM, GC, SM, SC

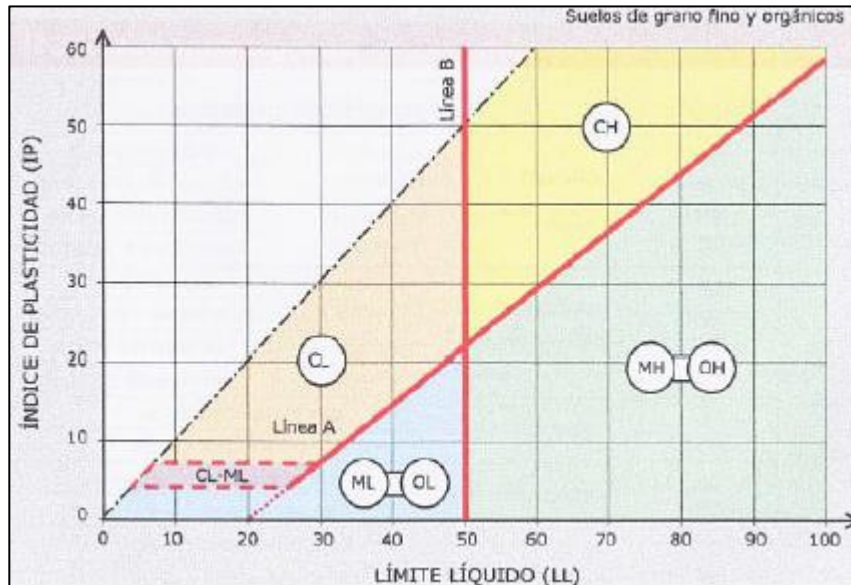
- ✚ En nuestro caso el porcentaje que pasa la malla N°200 es de 1.55% por ende, pertenece al 1° grupo.

Por lo tanto:

El criterio de clasificación depende del Abaco de Casagrande, como se muestra en la Figura N° 64, el Abaco de Casagrande para Suelos de Grano Fino. Si los límites de Atterberg se sitúan por debajo de la línea A o si el índice de plasticidad es menor a 4, se clasifica como SM (Suelo de Materiales Silteosos); en cambio, si los límites de Atterberg se encuentran por encima de la línea A o si el índice de plasticidad es mayor a 7, se clasifica como SC (Suelo de Materiales Arcillosos). En nuestro caso, dado que el límite líquido es del 16.23% y el índice de plasticidad es del 9.61%, los límites de Atterberg estarían por encima de la Línea A, lo que indica que estamos tratando con un suelo clasificado como:

✚ Sc-----→ Arena Arcillosa-----→ según SUCS

Figura 64. Abaco de Casagrande



Fuente: Casagrande

De acuerdo con el sistema del AASHTO, se distinguen dos grupos: Materiales Granulares y Materiales Limo Arcillosos. Los materiales granulares son aquellos en los que pasa igual o

menos del 35% del material a través de la malla N°200, mientras que los limos arcillosos son aquellos en los que pasa más del 35% por esta malla. Entonces, dado que el material pasa el 1.55% por la malla N°200, se clasifica como Material Granular.

Entonces tendríamos una clasificación de A-2, estamos hablando de un suelo:

🚦 A-2-----→Grava y Arena Limo Arcillosas-----→ según AASHTO

De esto llegamos a la conclusión que nuestro material Granular es excelente a bueno

Figura 65. Tabla de AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...	...	...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	N.P.	N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Fuente: AASHTO

Luego, determinamos la cantidad de arena que tenemos en el suelo:

4493.00-----→100%

2705.50-----→x%

X= 54.31%

✚ Por lo tanto, el contenido de arena constituye el 54% del total.

Figura 66. Gradación del Suelo



Fuente: propia

4.1.2.3. Resultados de los Ensayos físicos del Control del Mucílago en Laboratorio.

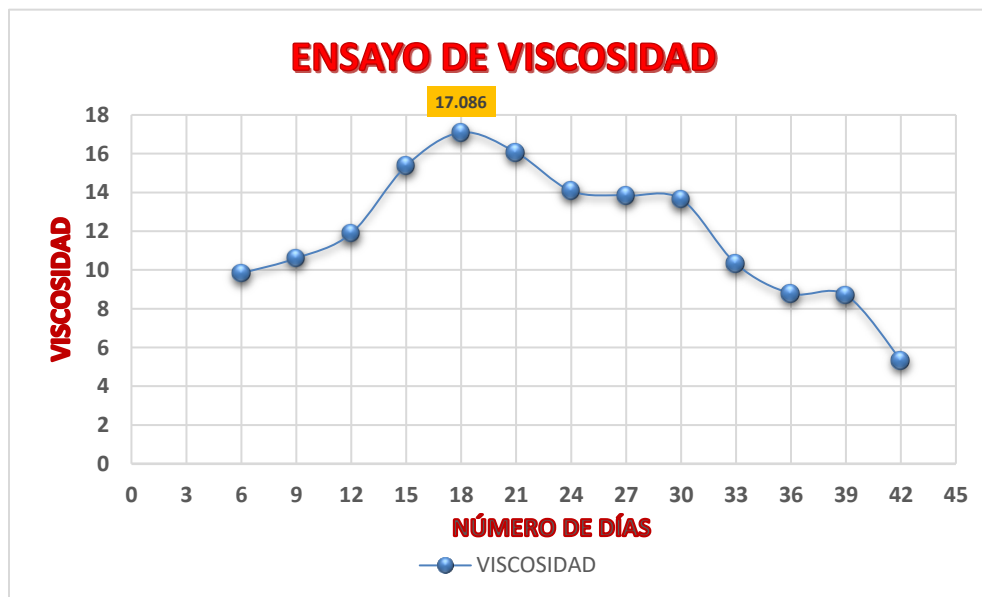
4.1.2.3.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE VISCOSIDAD DEL MUCÍLAGO

Tabla 49. Resultados de Viscosidades del Mucílago

DÍAS	VISCOSIDAD
3.00	7.54
6.00	9.83
9.00	10.604
12.00	11.892
15.00	15.376
18.00	17.086
21.00	16.932
24.00	14.859
27.00	14.602
30.00	14.090
33.00	10.888
36.00	9.263
39.00	9.186
42.00	5.628

Fuente: Propia

Figura 67. Grafica de viscosidad



Fuente: propia

En el gráfico de la curva de viscosidad, se aprecia que, durante la etapa de maceración, el mucílago de nopal alcanza su mayor nivel de viscosidad entre el día 15 y el día 21. Durante este período, la viscosidad se sitúa en un rango aproximado de 15.376 a 16.932. A partir del día 24 y hasta el día 42, se observa una disminución en la viscosidad, lo cual se atribuye al inicio del proceso de descomposición del mucílago.

4.1.3. Hipótesis Específica N°1:

En la **HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 01** la cual hace mención que “El uso del mucilago de nopal macerado en una cierta dosificación mejorará la variación dimensional del adobe elaborado de forma tradicional como unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023.”

De acuerdo con la Tabla 55 - Resultados de Variabilidad Dimensional de las muestras de adobe con diferentes porcentajes de mucílago de nopal, se observa que las barras muestran una tendencia descendente a medida que incrementa el porcentaje de mucílago de nopal en los adobes.

4.1.2.4. RESULTADOS DEL ENSAYO DE ANÁLISIS FÍSICOS Y CONTROL PARA UNIDADES DE ADOBE EN LABORATORIO.

4.1.2.4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL:

Tabla 50. Promedio de variabilidad con 0% de mucílago de nopal

PROMEDIO DE LA VARIABILIDAD DE LAS MUESTRAS CON 0% DE MUCILAGO DE NOPAL			
	LARGO	ANCHO	ALTURA
	0.20%	0.77%	7.63%
	0.46%	3.42%	7.63%
	0.55%	7.63%	7.75%
PROMEDIO	0.40%	3.94%	7.67%

Fuente: propia

Tabla 51. Promedio de variabilidad con 25% de mucílago de nopal

PROMEDIO DE LA VARIABILIDAD DE LAS MUESTRAS CON 25% DE MUCILAGO DE NOPAL			
	LARGO	ANCHO	ALTURA
	0.50%	1.35%	6.63%
	0.35%	2.21%	6.63%
	0.50%	1.35%	6.63%
PROMEDIO	0.45%	1.64%	6.63%

Fuente: propia

Tabla 52. Promedio de variabilidad con 50% de mucílago de nopal

PROMEDIO DE LA VARIABILIDAD DE LAS MUESTRAS CON 50% DE MUCILAGO DE NOPAL			
	LARGO	ANCHO	ALTURA
	1.05%	2.88%	7.38%
	1.10%	1.35%	7.3%
	1.51%	-1.73%	3.38%
PROMEDIO	1.22%	0.83%	6.02%

Fuente: propia

Tabla 53. Promedio de variabilidad con 75% de mucílago de nopal

PROMEDIO DE LA VARIABILIDAD DE LAS MUESTRAS CON 50% DE MUCILAGO DE NOPAL			
	LARGO	ANCHO	ALTURA
	0.31%	1.73%	7.2%
	1.31%	0.65%	2.13%
	-0.62%	-2.33%	2.68%
PROMEDIO	0.33%	0.02%	4.00%

Fuente: propia

Tabla 54. Promedio de variabilidad con 100% de mucílago de nopal

PROMEDIO DE LA VARIABILIDAD DE LAS MUESTRAS CON 50% DE MUCILAGO DE NOPAL			
	LARGO	ANCHO	ALTURA
	-2.08%	-0.13%	1.25%
	-1.07%	-1.62%	-1.35%
	-0.11%	-4.9%	-0.15%
PROMEDIO	-1.09	-2.22	-0.08

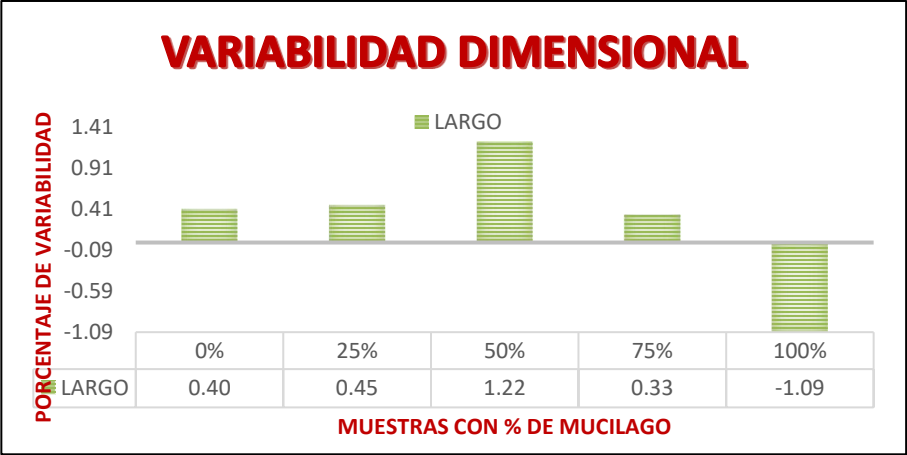
Fuente: propia

Tabla 55. Resultados del Ensayo de Variabilidad dimensional de las muestras de adobe con diferentes porcentajes de mucílago de nopal

	Adobes con 0% de mucílago	Adobes con 25% de mucílago	Adobes con 50% de mucílago	Adobes con 75% de mucílago	Adobes con 100% de mucilago
LARGO	0.40%	0.45%	1.22%	0.33%	-1.09 %
ANCHO	3.94%	1.64%	0.83%	0.02%	-2.22%
ALTURA	7.67%	6.63%	6.02%	4.00%	-0.08%

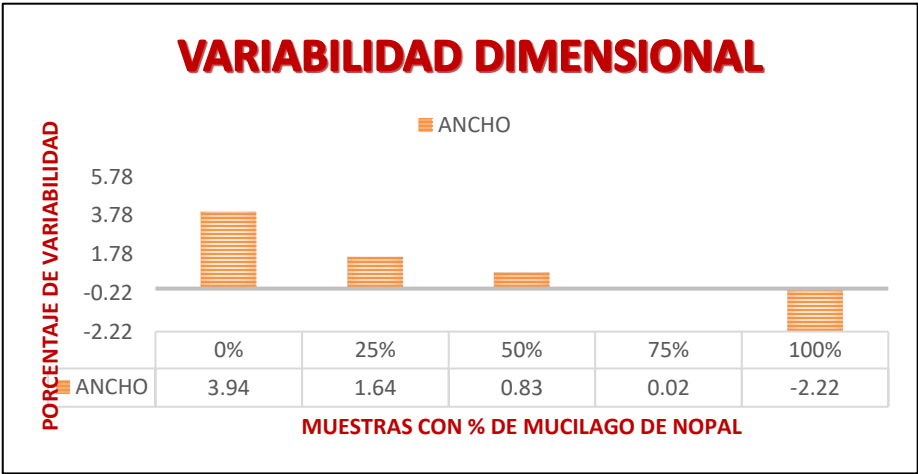
Fuente: propia

Figura 68. Variabilidad Dimensional -Largo



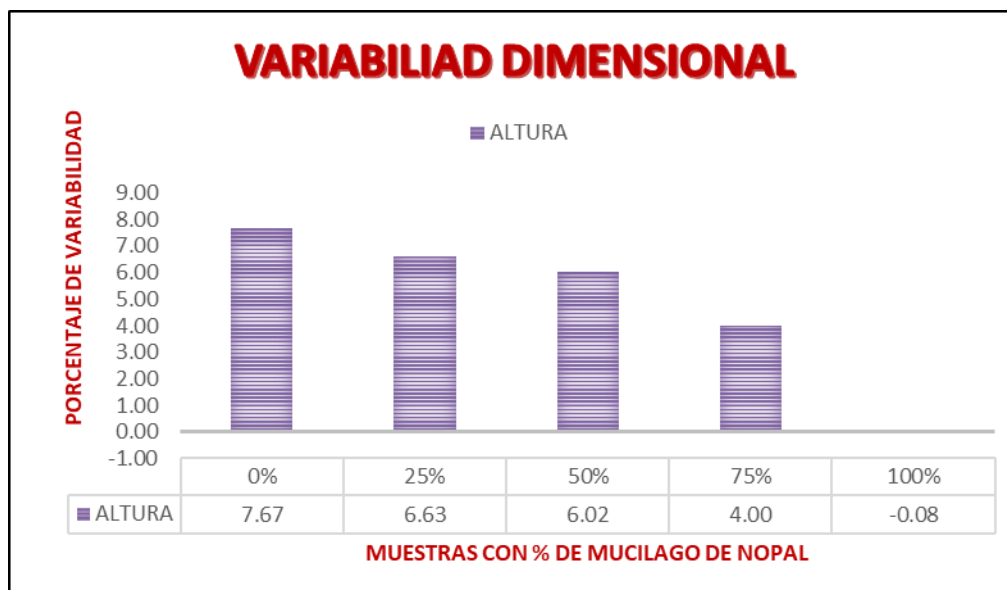
Fuente: propia

Figura 69. Variabiliad Dimensional-Ancho



Fuente: propia

Figura 70. Variabilidad Dimensional-Altura



Fuente: propia

- Los ladrillos que carecen completamente de mucílago muestran el mayor porcentaje de cambio en su altura y ancho, mientras que aquellos con un contenido del 100 % de mucílago de nopal exhiben la menor variación dimensional en todas sus dimensiones.

4.1.3. Hipótesis Específica N°2:

Se logro demostrar la **HIPÓTESIS ESPECÍFICA N°02** la cual menciona “El uso del Mucílago de Nopal a una cierta dosificación de acuerdo al tiempo de remojo mejorará la absorción y succión del adobe elaborado de forma tradicional como unidad de albañilería”. En esta tesis, se consideran propiedades físicas la Absorción y la Succión. Según los resultados presentados en la Tabla 56 y la Tabla 57, que muestran la Absorción y la Succión para las muestras de adobe con diferentes porcentajes de mucílago de nopal, se observa que las barras tienden a descender a medida que aumenta el porcentaje de mucílago de nopal. Esto concluye que un mayor porcentaje de mucílago de nopal mejora las propiedades físicas de los adobes.

4.1.3.1.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN:

Tabla 56. Resultados del Ensayo de Absorción

	Adobes con 0% de Mucílago	Adobes con 25% de Mucílago	Adobes con 50% de Mucílago	Adobes con 75% de Mucílago	Adobes con 100% de Mucílago
Muestra	NO EVALUA	NO EVALUA	NO EVALUA	8.23%	7.55%

Fuente: propia

Figura 71. Ensayo de Absorción



Fuente: Propia

- Se puede notar que los ladrillos de adobe con niveles de porcentaje del 0%, 25% y 50% no fueron evaluados en este estudio, a diferencia de los ladrillos con porcentajes del 75% y 100%, los cuales arrojaron resultados en esta prueba. Además, se destaca que el ladrillo con un contenido del 100% de mucílago muestra una capacidad de absorción menor en comparación con el que contiene un 75%.
- OBSERVACIÓN

Se observó que, al introducir el adobe sin mucílago en las tinajas, se desintegraron casi de inmediato. Mientras tanto, los adobes con 25% y 50% de mucílago duraron de 6 horas y 10 horas respectivamente para una desintegración parcial.

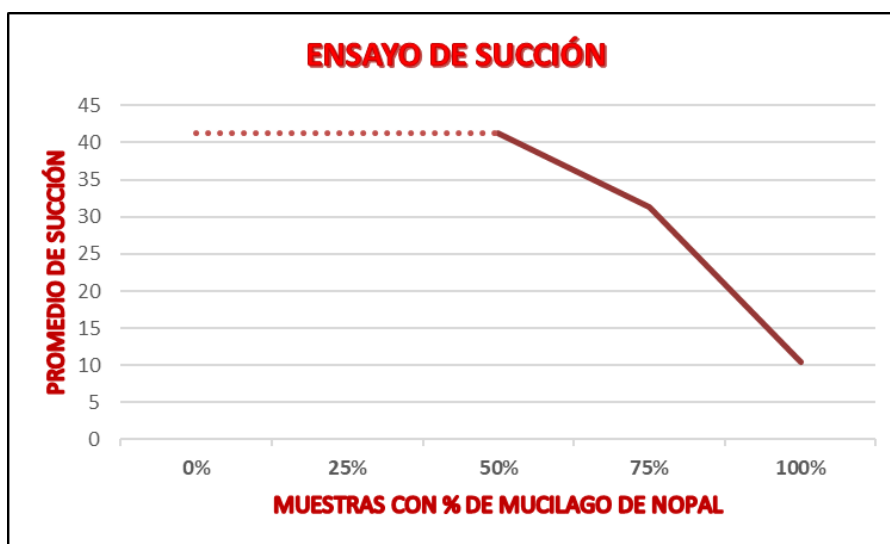
4.1.4. Resultado Del Ensayo De Succión:

Tabla 57. Resultados del Ensayo de Succión

	Adobes con 0% de Mucílago de nopal	Adobes con 25% de Mucílago de nopal	Adobes con 50% de Mucílago de nopal	Adobes con 75% de Mucílago de nopal	Adobes con 100% de Mucílago de nopal
Muestra	NO EVALUA	NO EVALUA	41.26	31.30	10.43

Fuente: propia

Figura 72. Ensayo de Succión



Fuente: propia

✚ No se pudo llevar a cabo la prueba con los porcentajes de 0% y 25% de mucílago debido a la pérdida de material durante el proceso. No obstante, se observó que los resultados de absorción para los ladrillos con una mayor cantidad de mucílago fueron inferiores. Por ejemplo:

- Muestras de adobe con un 50% de mucílago mostraron una absorción 41.26 gr/min/200 cm²
- Aquellos con un 75% de mucílago presentaron una absorción de 31.30 gr/min/200cm²
- Las muestras con un 100% de mucílago registraron una absorción de 10.43gr/min/200cm²

4.1.4. Hipótesis Específica N°3:

Se logro demostrar la **HIPÓTESIS ESPECÍFICA N°03** la cual menciona “El uso del Mucílago de Nopal macerado adicionado de manera porcentual (%) mejorará la resistencia a la comprensión del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería” Según la Figura N° 73 - Diagrama de barras del resultado del Ensayo de Compresión- Promedio de las muestras de adobe a los 7, 18 y 30 días de secado con diferentes porcentajes de mucílago, se observa una tendencia ascendente en las barras para cada período de tiempo. Esto indica una mejora significativa en la resistencia a compresión de los adobes con mayor porcentaje de mucílago de nopal. En conclusión, los adobes con mayores porcentajes de mucílago muestran una mayor resistencia a compresión.

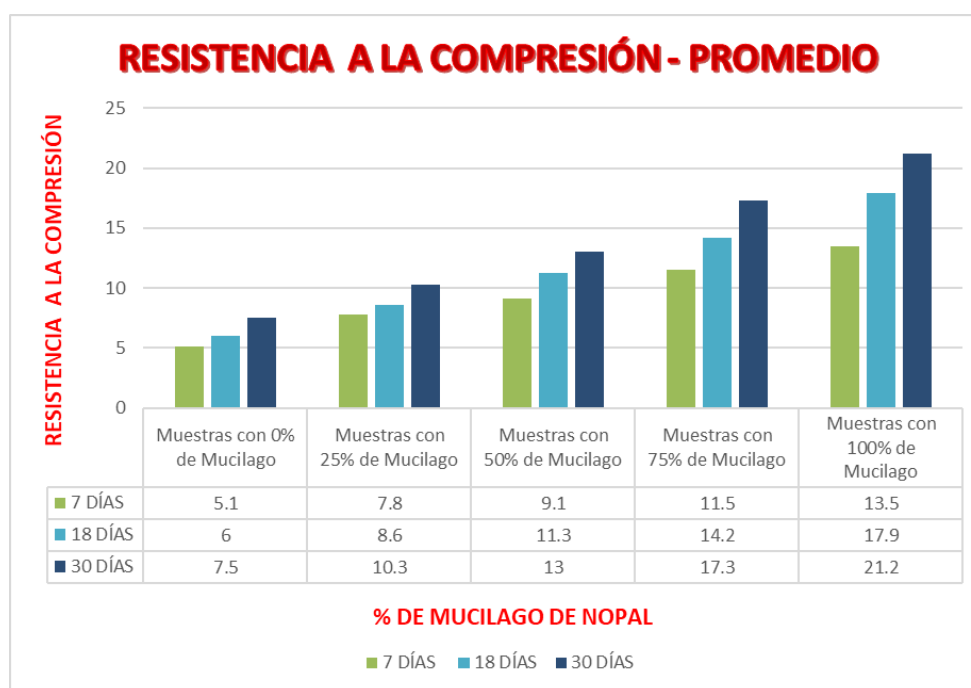
4.1.4.1. Resultados Del Ensayo De Compresión:

Tabla 58. Resultados del Ensayo de Compresión

% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	0% kg/cm2	25% kg/cm2	50% kg/cm2	75% kg/cm2	100% kg/cm2
7 DÍAS	5.1	7.8	9.1	11.5	13.5
% de diferencia con respecto al adobe patrón	0.0 %	52.9%	78.4%	125.5%	164.7%
18 DÍAS	6.0	8.6	11.3	14.2	17.9
% de diferencia con respecto al adobe patrón	0.0 %	43.3%	88.3%	136.7%	198.3%
30 DÍAS	7.5	10.3	13.0	17.3	21.2
% de diferencia con respecto al adobe patrón	0.0 %	37.3%	73.3%	130.7%	182.7%

Fuente: propia

Figura 73. Diagrama de barras del resultado del Ensayo de Compresión-Promedio



Fuente: propia

- ✚ En este estudio se evidencia un patrón de aumento progresivo en las barras, lo cual indica el notable mejoramiento proporcionado por el mucílago de nopal. Esto se resume en que a medida que se aumenta el porcentaje de adición de mucílago de nopal, se logra una mayor resistencia a la compresión.
- ✚ El nopal con mayor viscosidad es el nopal a los 18 días y si usamos este nopal, mejor resistencia de compresión se obtendrá.

4.1.5. HIPÓTESIS ESPECÍFICA N°04

Se logro demostrar la **HIPÓTESIS ESPECÍFICA N°04** la cual menciona “El uso del mucilago de nopal aumentara la resistencia a la erosión de la unidad de adobe elaborado en el centro poblado de Tunsuya 2023”. Que según la Figura N° 74 Diagrama en Barras de Resultados del Ensayo SAET de las muestras con Diferentes Porcentajes de Mucílago se observa que la tendencia de las barras desciende significativamente con respecto a la proporción de mucílago presenta.

Llegando a la conclusión de que mientras más mucílago presenten los adobes, menor será la erosión que se obtenga en ellos.

4.1.6. Resultados de ensayo a la erosión

El método de cálculo para el ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne se clasificará como “apto” o “no apto” de acuerdo con el criterio establecido.

$$0 \leq D \leq 10 \text{ —————} \rightarrow \text{BLOQUE APTO}$$

$$D > 10 \text{ —————} \rightarrow \text{BLOQUE NO APTO}$$

Tabla 59. Resultados de ensayo de SAET luego de 30 días

% MUCILAGO DE TUNA	Tiempo (min)	Oquedad (mm)	PROM	APTO
0%	10	29	29.7	No Apto
	10	28		
	10	32		
25%	10	24	23.3	No Apto
	10	27		
	10	19		
50%	10	17	15	No Apto
	10	13		
	10	15		
75%	10	9	7	Apto
	10	7		
	10	5		
100%	10	2	3	Apto
	10	4		
	10	3		

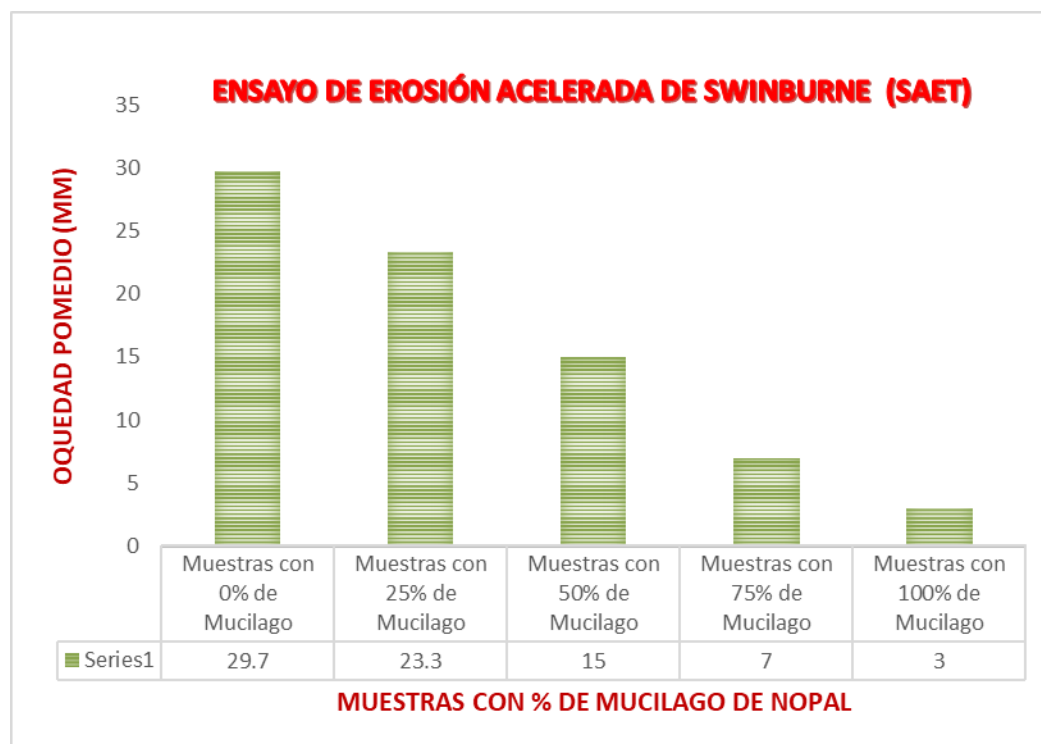
Fuente: Propia

Tabla 60. Resultados de ensayo de SAET – Promedio

	Muestras con 0% de Mucilago	Muestras con 25% de Mucilago	Muestras con 50% de Mucilago	Muestras con 75% de Mucilago	Muestras con 100% de Mucilago
Oquedad Promedio (mm)	29.7	23.3	15	7	3
RESULTADOS	NO APTO	NO APTO	NO APTO	APTO	APTO

Fuente: propia

Figura 74. Diagrama de barras de resultados del ensayo SAET



Fuente: propia

- El diagrama muestra una clara tendencia descendente, indicando una mejora significativa gracias al mucílago de nopal. A medida que aumenta el porcentaje de mucílago añadido, la resistencia a la erosión del testigo aumenta, ya que se reduce la formación de oquedades.

4.2. Análisis E Interpretación

4.2.1. Ensayos preliminares

El suelo extraído de la zona de Tunsuya cumple con los requisitos establecidos por la Norma E0.80 (2006), como se detalla en la **Tabla 44** (Ensayos preliminares de campo del suelo), **Tabla 45** (Contenido de Humedad), **Tabla 46** (Resultados de los Límites de Atterberg – Límite Líquido), **Tabla 47** (Resultados de los Límites de Atterberg – Límite Plástico) y **Tabla 48** (Resultado del Ensayo de Granulometría del Suelo). Los resultados de la primera muestra de tierra indican que cumple con las características aprobadas, presentando color claro y brillante, olor no rancio y brillos mates. En el ensayo de cinta de barro cumple con los promedios de 12.5cm por lo tanto también en el ensayo de

granulometría la primera muestra también es considerada optima pues contiene arena y arcilla aceptable, en menor proporción la arcilla.

SC-----→ Arena Arcillosa

A-2----→ Grava y Arena fina arcillosa

De la misma forma podemos referirnos a los resultados de viscosidad de la penca de tuna. Para esta investigación el método de remojar los trozos de penca de tuna en agua para obtener mucílago resultó efectivo después de 18 días. Aunque el nopal muestra más descomposición y olor tras este tiempo, la mayor dosis de mucílago presenta menor viscosidad, facilitando su manejo.

Objetivo N°01

Para asegurar la validez de los resultados de los ensayos sobre las propiedades físicas del adobe, primero se verificó que el horno eléctrico mantenga la temperatura correcta (12°C) para secar los adobes. Segundo, se comprobó que la regla esté en buen estado y pueda medir con precisión hasta los milímetros.

1° Variabilidad Dimensional: Entre los resultados en este ensayo se pudieron calcular la variabilidad de las medidas de los adobes cuando tienen adicionado el mucilago de nopal, que se recomiendan sean pencas de tuna mayores de dos años de edad ya que están en el periodo en donde las pencas tienen mayor mucilago de nopal, también se recomienda su cosecha a tempranas horas del día. Se empleo porcentajes de mucilago de nopal de 0% (adobe patrón) ,25%,50%,75%,100%. En conclusión, los adobes con el 100% de mucílago de nopal mostraron la menor variación en sus dimensiones, mientras que los adobes sin mucílago (0%) presentaron mayores variaciones. Por lo tanto, los adobes con mayor porcentaje de mucílago de nopal exhiben menor variación dimensional.

4.2.2. Objetivo N°02

2° Ensayo de Absorción: Se comprobó la precisión de la balanza digital (+-0.1g). Los adobes con 100% de mucílago de nopal mostraron una absorción del 7.55%, mientras que los con 75% de mucílago tuvieron una absorción del 8.23%. Los adobes con menores

porcentajes de mucílago se desintegraron parcialmente y presentaron daños leves a moderados. Así, el adobe con 100% de mucílago tiene la menor absorción.

3° Ensayo de Succión:

Los adobes con diferentes porcentajes de mucílago de nopal se evaluaron en términos de succión. Se encontró que a medida que aumentaba el porcentaje de mucílago de nopal, también lo hacía la succión. Sin embargo, no fue posible evaluar los adobes con porcentajes más bajos de mucílago de nopal debido a la pérdida de material durante el ensayo. De manera sorprendente, el adobe con 100% de mucílago de nopal mostró la menor succión en comparación con los demás adobes.

4.2.3. Objetivo N°03

Se eligió el mucílago de nopal en lugar de otras cactáceas como la sábila o el gigantón porque, según la investigación realizada, el nopal mostró las mejores propiedades. Además, el nopal se reproduce y se expande con facilidad, e incluso se considera una "plaga" en algunas regiones del Perú, como en Tunsuya.

Los ensayos, reflejados en la Figura N° 59, indican que la resistencia a la compresión de los adobes aumenta con el porcentaje de mucílago de nopal. La muestra sin mucílago (0%) presentó la resistencia más baja (5.1 kg/cm²), mientras que los adobes con 100% de mucílago alcanzaron el mayor valor (21.2 kg/cm²) tras 18 días de secado, cuando el mucílago tenía la mejor viscosidad.

Estos resultados cumplen con los requisitos de la Norma E 080 (2017), evidenciando que un mayor porcentaje de mucílago de nopal en los adobes mejora significativamente su resistencia a la compresión.

4.2.4. Objetivo N°04:

El objetivo es medir la profundidad de la marca dejada por un chorro continuo de agua. Según los ensayos presentados en esta tesis, la Figura N° 74 - Diagrama en Barras de Resultados del Ensayo SAET muestra que la resistencia a la erosión aumenta con el porcentaje de mucílago de nopal en el adobe. Esto indica que, a mayor cantidad de

mucílago de nopal, mayor es la resistencia a la erosión del adobe. El instrumento utilizado cumple con los requisitos de la Norma Española UNE 41410. Se prestó especial atención a la altura del equipo, y las variaciones en el material del equipo no afectan los resultados del ensayo, ya que solo se trató de ajustes en el montaje.

5. CONCLUSIONES

Se han llegado a las siguientes conclusiones a partir de los hallazgos de la investigación actual, que se describen en el capítulo anterior:

5.1. Conclusiones

Conclusión N°1:

Se ha confirmado la Hipótesis General, que sostiene que “El uso de mucílago de nopal macerado mejorará las propiedades físicas y la resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería en el centro poblado de Tunsuya 2023”. Esto se debe a que se cumplieron todas las hipótesis específicas, que indican una mejora significativa en las propiedades físicas y la resistencia a la compresión del adobe al sustituir parcialmente o totalmente el agua por mucílago de nopal. Los resultados muestran que, a mayor porcentaje de mucílago, mejores son las propiedades físicas y la resistencia a la compresión del adobe, como se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 61. Resultados de Variabilidad de Dimensiones – Promedio

	Adobes con 0% de mucílago	Adobes con 25% de mucílago	Adobes con 50% de mucílago	Adobes con 75% de mucílago	Adobes con 100% de mucílago
LARGO	0.40%	0.45%	1.22%	0.33%	-1.09 %
ANCHO	3.94%	1.64%	0.83%	0.02%	-2.22%
ALTURA	7.67%	6.63%	6.02%	4.00%	-0.08%

Fuente: propia

Tabla 62. Resultados de ensayo de Absorción - Promedio

	Adobes con 0% de Mucílago	Adobes con 25% de Mucílago	Adobes con 50% de Mucílago	Adobes con 75% de Mucílago	Adobes con 100% de Mucílago
Muestra	NO EVALUA	NO EVALUA	NO EVALUA	8.23%	7.55%

Fuente: propia

Tabla 63. Resultados de ensayo de Succión – Promedio

	Adobes con 0% de Mucilago de nopal	Adobes con 25% de Mucilago de nopal	Adobes con 50% de Mucilago de nopal	Adobes con 75% de Mucilago de nopal	Adobes con 100% de Mucilago de nopal
Muestra	NO EVALUA	NO EVALUA	41.26	31.30	10.43

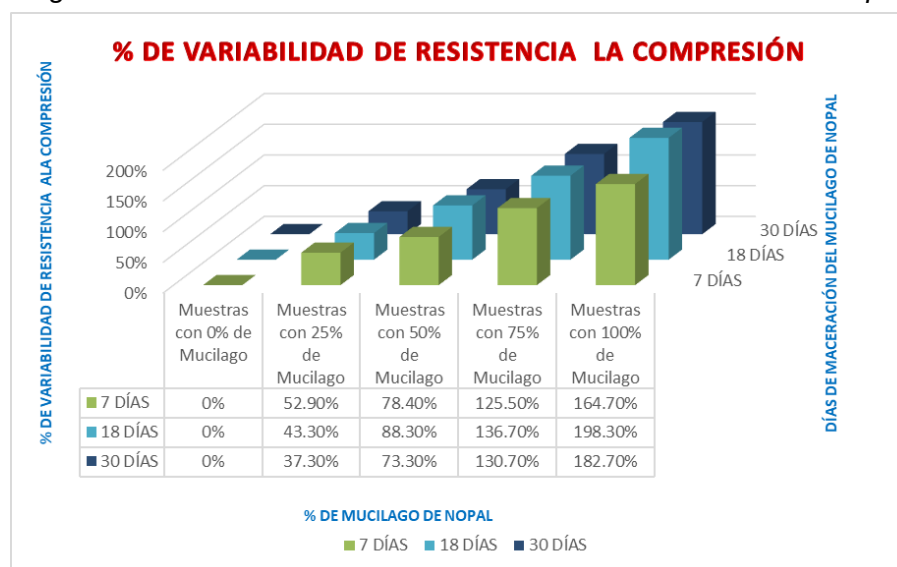
Fuente: propia

Tabla 64. Resultados de % de variación en el ensayo de Resistencia a la Compresión

% DE MUCILAGO DE NOPAL	0% kg/cm2	25% kg/cm2	50% kg/cm2	75% kg/cm2	100% kg/cm2
7 DÍAS	5.1	7.8	9.1	11.5	13.5
% de diferencia con respecto al adobe patrón	0.0 %	52.9%	78.4%	125.5%	164.7%
18 DÍAS	6.0	8.6	11.3	14.2	17.9
% de diferencia con respecto al adobe patrón	0.0 %	43.3%	88.3%	136.7%	198.3%
30 DÍAS	7.5	10.3	13.0	17.3	21.2
% de diferencia con respecto al adobe patrón	0.0 %	37.3%	73.3%	130.7%	182.7%

Fuente: propia

Figura 75. Diagramade barras del % de Variabilidad de Resistencia a la Compresión



Fuente: propia

Según la tabla N° 44 - se observa que los ensayos preliminares influyen en la elección de la mejor muestra de suelo y posterior a ello nos servirá también para la elección del mucilago de nopal con mejor viscosidad y de esta manera mejorar sus propiedades en los ensayos preliminares del suelos y físicos del mucilago de nopal.

- ✓ El suelo adecuado para crear adobe es una mezcla de arcilla con grava o arena (CL) que no contenga material orgánico y en la que la cantidad de arcilla sea menor que la de arena. Este suelo debe cumplir con las recomendaciones de la N.T.E E.0.80 "Adobe" y las especificaciones SUCS. La primera muestra de suelo utilizada para los adobes tiene un 21% de arcilla, 54% de arena, un límite líquido de 16.23%, un índice de plasticidad de 9.61% y está libre de restos orgánicos, cumpliendo con los requisitos normativos.
- ✓ El método viable y económico para obtener el mucílago de penca de tuna es el remojo durante 18 días, con una viscosidad de 17.086 kg/m.s. La viscosidad y densidad del mucílago dependen de la cantidad de penca de tuna y el tiempo de inmersión.
- ✓ Según los datos obtenidos, la viscosidad y la densidad del mucílago de penca de tuna presentan una relación inversa: a mayor viscosidad, menos es la densidad. Esto sugiere que a medida que aumenta la viscosidad del mucílago, su densidad disminuye.

Conclusión N°2:

Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 01 la cual hace mención que “El uso del Mucílago de Nopal macerado en una cierta dosificación mejorará la variación dimensional del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería” según la Tabla 61 - Resultados Porcentaje de Variación Dimensional de las muestras de adobe con Diferentes Porcentajes de Mucílago, donde se observa la tendencia de las barras de forma descendente cuando aumenta el porcentaje de mucílago de nopal en los adobes.

En resumen, se puede concluir que a medida que aumenta la cantidad de mucílago de nopal en los adobes, estas unidades tienden a exhibir menos variación dimensional.

Conclusión N°3:

Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 02 la cual hace mención que “El uso del Mucílago de Nopal macerado adicionado de manera porcentual (%) mejorará las propiedades físicas del adobe elaborado de forma tradicional como unidad de albañilería, en el centro poblado de Tunsuya 2023.” Para esta tesis, se consideran propiedades físicas del adobe la variación dimensional, absorción y succión. Los resultados de las Tablas 62 y 63 muestran que, al incrementar el porcentaje de mucílago de nopal, se observa una disminución en la absorción y la succión de los adobes. En resumen, se concluye que un mayor contenido de mucílago de nopal en los adobes mejora sus propiedades de absorción y succión.

Conclusión N°4:

Se demostró la Sub Hipótesis N° 03 la cual hace mención que “El uso del Mucílago de Nopal en una cierta dosificación mejorará la resistencia a la compresión del adobe elaborado de forma tradicional en una unidad de albañilería” ya que de acuerdo a la Figura N° 73 - Diagrama en Barras de Resultados de Resistencia a Compresión de las muestras de mucilago de nopal los 7,18 Y 30 Días de Secado en los Diferentes Porcentajes de Mucílago y la Figura N°75 - Diagrama del % de Variación en el Ensayo de Resistencia a Compresión, se observa que a medida que aumenta el porcentaje de mucílago de nopal en los adobes, su resistencia a la compresión mejora significativamente. En resumen, los adobes con más porcentajes de mucílago de nopal exhiben una mayor resistencia a la compresión.

Conclusión N°5:

Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 04 la cual hace mención que “El uso del mucilago de nopal aumentara la resistencia a la erosión de la unidad de adobe elaborado en el centro poblado de Tunsuya 2023.” Los resultados del Ensayo de Erosión Acelerada de Swinburne (SAET), ilustrados en la **Figura N° 134** y la **Figura N° 76**, indican que la erosión de los adobes disminuye a medida que aumenta el porcentaje de mucílago de nopal. Esto sugiere que los adobes con un mayor contenido de mucílago tienen mejor resistencia frente a la erosión, especialmente en condiciones de inundaciones prolongadas o lluvias intensas. En

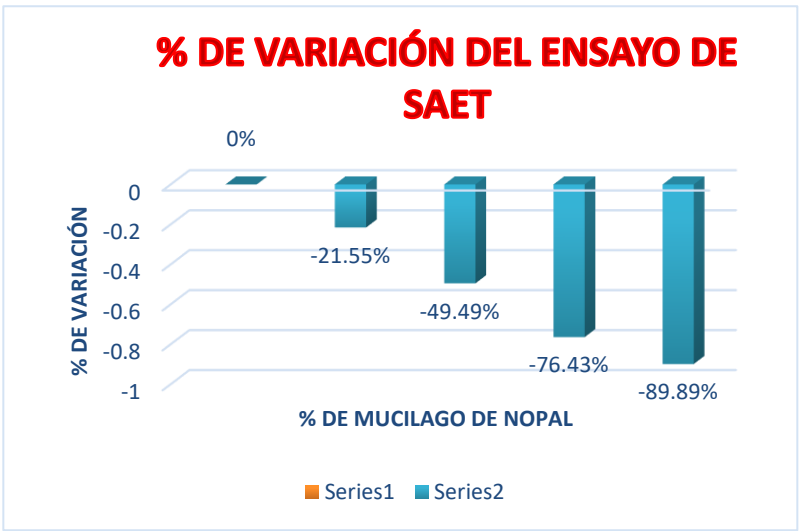
el ensayo de absorción, los adobes con 75% y 100% de mucílago presentan leves a moderados daños. Sin embargo, en el SAET, el adobe con 75% de mucílago tiene una penetración de 8.23%, mientras que el adobe con 100% de mucílago muestra una penetración de 7.55%, ambos menores que el adobe convencional.

Tabla 65. % de Variación en el ensayo SAET con respecto al Adobe Patrón

% De Variación En El Ensayo De SAET Con Respecto Al Adobe Patrón					
	0%	25%	50%	75%	100%
% De Variación C/R	0.0%	-21.55%	-49.49%	-76.43%	-89.90%
Adobe Patrón					

Fuente: propia

Figura 76. Diagrama de barras de resultados del ensayo SAET



Fuente: propia

5.2. Recomendaciones:

✓ **Recomendación N°1:**

Es esencial considerar tanto la duración de la maceración como el entorno donde se llevará a cabo el proceso de macerado para lograr la obtención del mucílago con la máxima viscosidad deseada.

✓ **Recomendación N°2:**

Se recomienda recolectar pencas de tuna de espesor mediano (8–12 mm). Las pencas gruesas son difíciles de cortar porque tienden a endurecerse a medida que envejecen, mientras que las pencas delgadas suelen tener poca viscosidad.

✓ **Recomendación N°3:**

Se propone dosificar los componentes (tierra, agua, paja, mucílago) utilizados en la producción de unidades de adobe en función de su peso con respecto al peso seco de la misma unidad de adobe.

✓ **Recomendación N°4:**

Es aconsejable que el agua empleada en la fabricación de los adobes no contenga residuos orgánicos, sales, sólidos ni sustancias perjudiciales, para mantener las propiedades físicas y mecánicas del material, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 5 de la normativa E.080 sobre diseño y construcción con tierra reforzada.

✓ **Recomendación N°5:**

Se propone realizar investigaciones adicionales sobre adobes que incluyan la sustitución de agua por varios tipos de mucílagos de plantas, con el objetivo de analizar las variaciones en las propiedades de cada uno.

✓ **Recomendación N°6:**

Se recomienda llevar a cabo el proceso de curado de los adobes en un entorno techado para evitar agrietamientos o fisuras.

✓ **Recomendación N°7:**

Se recomienda ampliar la cantidad de estudios sobre adobes en la región para mejorar la comprensión y la aplicación de los hallazgos.

✓ **Recomendación N°8:**

Es recomendable incorporar normas relacionadas con la Erosión Acelerada de Swinburne (SAET) del Adobe en la Norma Peruana E.080 "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada", que se basan en la Norma española UNE-41410 "Bloques de Tierra Comprimida para Muros y Tabiques".

✓ **Recomendación N°9:**

Se sugiere la inclusión en la Norma Peruana E.080 "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" de directrices relacionadas con el Ensayo de Capilaridad del Adobe, basadas en la Norma española UNE-41410 "Bloques de Tierra Comprimida para Muros y Tabiques".

✓ **Recomendación N°9:**

Se sugiere la inclusión en la Norma Peruana E.080 "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" de directrices relacionadas como una guía de construcción con muros de tierra, basadas en la ASTM E2392 "Guía estándar para el diseño de sistemas de construcción con muros de tierra".

✓ **Recomendación N°10:**

Se aconseja emplear adobes con mucílago de nopal en reemplazo del agua en proporciones del 75% y 100%.

✓ **Recomendación N°11:**

Se sugiere realizar pruebas de resistencia a la compresión con un período de curado más prolongado para los adobes, ya que se ha observado un aumento significativo en su resistencia en estas condiciones.

5.3. Trabajos Futuros

1. Debido a que, en el Perú existen pocos estudios de la implementación del mucilago de nopal en el adobe, se plantea la realización de estudios más eficientes en los laboratorios de la ciudad de Ayacucho. Tomamos como referencia la tesis de (Quintana & Vera, 2017):

Tabla 66. Análisis de Costos Unitarios con 0% de Mucilago de nopal

Adobe de 25cm x13xm x10cm con 0% de Mucilago de Nopal						
Und/DÍA	MO.	125	EQ	125		
Costo unitario Directo por und					S/.1.227	
Descripción Recurso		und	cuadrilla	cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
Oficial		hh	0.500	0.022	6.250	0.069
Peón		hh	1.000	0.032	5.000	0.160
Materiales						
Tierra Dosificación (NTP 0.80)		m3		0.004	15.000	0.060
Agua		lt		1.200	0.010	0.012
Paja		kg		0.200	1.200	0.240
Mucilago de nopal		kg		0.000	0.180	0.000
Equipos						
Herramientas Manuales		Mo		3.000	0.229	0.686

Fuente: Elaboración Propia- Adaptado de (Quintana & Vera, 2017)

Tabla 67. Análisis de Costos Unitarios con 25% de Mucilago de nopal

Adobe de 25cm x13xm x10cm con 25% de Mucilago de Nopal						
Und/DÍA	MO.	125	EQ	125		
					S/.1.326	
Descripción Recurso		und	cuadrilla	cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
Oficial		hh	0.500	0.022	6.250	0.069
Peón		hh	1.000	0.032	5.000	0.167
Materiales						
Tierra Dosificación (NTP 0.80)	m3			0.004	15.000	0.600
Agua	lt			1.200	0.010	0.001
Paja	kg			0.200	1.200	2.400
Mucilago de nopal	kg			0.000	0.180	0.152
Equipos						
Herramientas Manuales	Mo			3.000	0.235	0.706

Fuente: Elaboración Propia- Adaptado de (Quintana & Vera, 2017)

Tabla 68. Análisis de Costos Unitarios con 50% de Mucílago de nopal

Adobe de 25cm x13xm x10cm con 50% de Mucilago de Nopal						
und/DÍA	MO.	125	EQ	125		
					S/.1.399	
Descripción Recurso		und	cuadrilla	cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
Oficial		hh	0.500	0.022	6.250	0.069
Peón		hh	1.000	0.032	5.000	0.167
Materiales						
Tierra Dosificación (NTP 0.80)		m3		0.004	15.000	0.600
Agua		lt		1.200	0.010	0.001
Paja		kg		0.200	1.200	2.400
Mucilago de nopal		kg		0.000	0.180	0.228
Equipos						
Herramientas Manuales		Mo		3.000	0.235	0.706

Fuente: Elaboración Propia- Adaptado de (Quintana & Vera, 2017)

Tabla 69. Análisis de Costos Unitarios con 75% de Mucílago de nopal

Adobe de 25cm x13xm x10cm con 75% de Mucilago de Nopal						
und/DÍA	MO.	125	EQ	125		
					1.472	
Descripción Recurso		und	cuadrilla	cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra						
Oficial		hh	0.500	0.022	6.250	0.069
Peón		hh	1.000	0.032	5.000	0.167
Materiales						
Tierra Dosificación (NTP 0.80)		m3		0.004	15.000	0.600
Agua		lt		1.200	0.010	0.003
Paja		kg		0.200	1.200	2.400
Mucilago de nopal		kg		0.000	0.180	0.228
Equipos						
Herramientas Manuales		Mo		3.000	0.235	0.706

Fuente: Elaboración Propia- Adaptado de (Quintana & Vera, 2017)

Tabla 70. Análisis de Costos Unitarios con 100% de Mucílago de nopal

Adobe de 25cm x13xm x10cm con 100% de Mucilago de Nopal					
und/DÍA	MO.	125	EQ	125	
					S/.1.545
Descripción Recurso	und	cuadrilla	cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Oficial	hh	0.500	0.022	6.250	0.069
Peón	hh	1.000	0.032	5.000	0.167
Materiales					
Tierra Dosificación (NTP 0.80)	m3		0.004	15.000	0.600
Agua	lt		0.000	0.010	0.000
Paja	kg		0.200	1.200	2.400
Mucilago de nopal	kg		0.000	0.180	0.304
Equipos					
Herramientas					
Manuales	Mo		3.000	0.235	0.706

Fuente: Elaboración Propia- Adaptado de (Quintana & Vera, 2017)

✚ En un metro cuadrado entran 36 unidades de adobe entonces:

Tabla 71. Costo por m2

COSTO POR M2	
% DE LAS MUESTRAS DE ADOBE	PRECIO POR M2
0%	S/. 44.17
25%	S/. 47.74
50%	S/. 50.37
75%	S/. 52.99
100%	S/. 55.63

Fuente: Elaboración Propia- Adaptado de (Quintana & Vera, 2017)

Se recomienda usar adobes estabilizados con mucílago de penca de tuna para viviendas rurales en la Sierra del Perú. Aunque el costo inicial aumentará en 1.38 soles por unidad, esta inversión se recuperará a largo plazo, ya que los muros requerirán menos reparaciones comparados con los adobes convencionales, reduciendo así los costos de mantenimiento.

REFERENCIAS

- Aguilar, E., & Quezada, R. (2017). *Caracterización física y mecánica del adobe en el Cantón Cuenca*. [tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/Katia/Downloads/tesis%20adobe%2019_09_17.pdf
- Algara, M., Cárdenas, Á., Arista, G., & Rodríguez, J. (2012). Diseño de bloques de suelo estabilizado para uso urbano en San Luis de Potosí. *Congreso Internacional de Investigación. Academia Journals*, 4(3), 83-87.
- ASTM, E.-1. (2023). *Guía estándar para el diseño de sistemas de construcción con muros de tierra*.
- Benites, V. (2017). *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea Andina)* [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/2993>
- Bolaños Rodríguez, J. (2016). *Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10482>
- Cervantes, A. (2017). *Adobe orgánico elaborado con arcilla y mucilago de nopal, para construcción de centro Eco-turístico en el Municipio de Acolman* [Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21240>
- EERI. (2003). *World Housing Encyclopedia*. Oakland, CA: Earthquake Engineering Research Institute. Obtenido de <https://www.world-housing.net/>
- García, I. (2017). *Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de la Mixteca]. Repositorio Institucional. Obtenido de http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/13322.pdf
- Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Earth Construction: a Comprehensive Guide*. Intermediate Technology Publications.
- Huaman, N., Evelyn, M., Claros, O., & David, D. (2022). *Adición de Fibras PET en el adobe para aumentar la capacidad resistente a la compresión, reducir la densidad, el porcentaje de absorción de agua y a conductividad térmica en las viviendas de la zona rural de Ayacucho-Perú* [Tesis de licenciatura, UPC]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/659101>

- ICG, I. d. (2014). *materiales de construcción*.
- Llunitasig, S., & Siza, A. (2017). *Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala [tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26585>
- Lupicinio, I. (2008). *Metodos cualitativos de investigacion en ciencias sociales*. Obtenido de <http://docplayer.es/29599835-Metodos-cualitativos-de-investigacion-en-ciencias-sociales-profesor-lupicinio-iniguez.html>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Manual de Construcción:Edificaciones Antisísmicas de Adobe*. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manuales_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf
- Nieto, L. A., & Tello, E. F. (2019). *Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú [Tesis de licenciatura,Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/628256>
- Norma E.080. (2000). *Adobe (Ministerio de vivienda , construcción y saneamiento) [versión pdf]*. Obtenido de <https://centrocidart.files.wordpress.com/2013/10/norma-peruana-de-adobe.pdf>
- Quintana, D., & Vera, O. (2017). *EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN Y LA RESISTENCIA A COMPRESION DE ADOBES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL Y TOTAL DE AGUA DE MUCILAGO DE TUNA EN PORCENTAJES DEL 0% 25% 50% 100%. CUSCO*.
- Salvador Cano, O. E. (2019). *Evaluación del comportamiento a compresión de las unidades de adobe convencional frente a las unidades de adobe estabilizado con cemento y asfalto Caraz 2019 [Tesis de licenciatura,Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/42695>
- Saroza, B., Rodriguez, M., Menéndez , J., & Barroso , L. (Setiembre de 2008). Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba. *Informes de la Construcción*, 60(511), 7. doi:<https://doi.org/10.3989/ic.2008.v60.i511.745>

- Senamhi. (2020). *Tiempo / Pronóstico del Tiempo*. Recuperado el 17 de Octubre de 2020. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ayacucho&p=pronostico-detalle>
- Teixeira, H. T. (2015). *Estudio de las propiedades de las fábricas históricas de adobe como soporte a intervenciones de rehabilitación*[tesis doctoral,E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM)]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39007>.
- Urbano, S. (2001). *Buena Tierra: Apuntes para el Diseño Construcción con Adobe*. Lima: CIDAP. Obtenido de <https://cidap.org.pe/wp-content/uploads/63690383-Buena-Tierra-Apuntes-para-el-Diseno-Contruccion-con-ADOBE-1.pdf>

ANEXOS:**PANEL FOTOGRÁFICO**

1. Lugar de donde se saca la tierra- localidad de Tunsuya



2. Extracción de pencas de tuna



3. Corte de la penca de tuna



4. Obtención del Mucílago de nopal



5. Obtención del Mucílago de nopal



6. Obtención del Mucílago de nopal



7. Cortado de la paja de la zona



8. Ensayos de campo para las muestras de suelo



9. Muestra de Adobe



10. Muestras de Adobe con los % de Mucílago de nopal



11. Muestras de Adobe con los % de Mucílago de nopal



12. Muestras de adobe con Mucílago de nopal a los 7 días



13. Muestras de adobe con Mucílago de nopal a los 7 días



14. Muestras de adobe con Mucílago de nopal a los 18 días



15. Ensayos en laboratorio



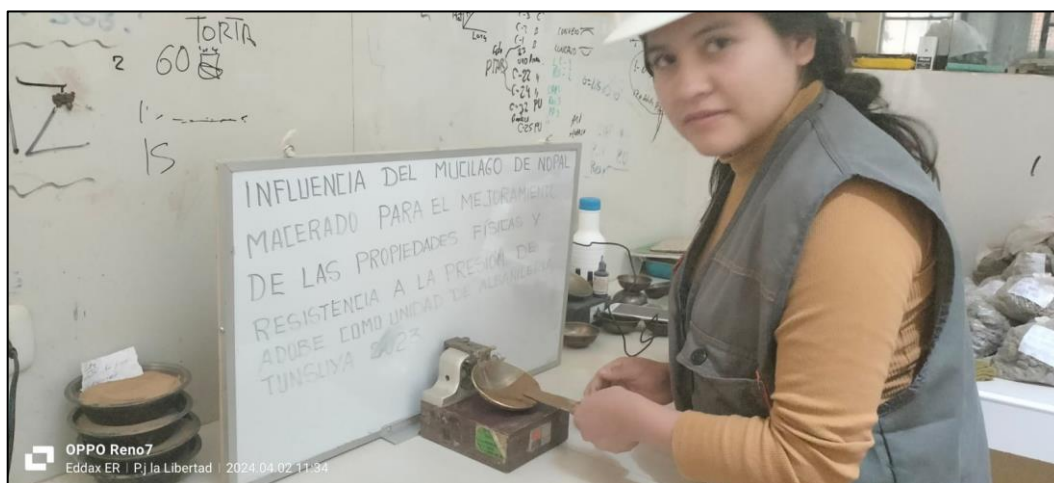
16. Ensayos en laboratorio



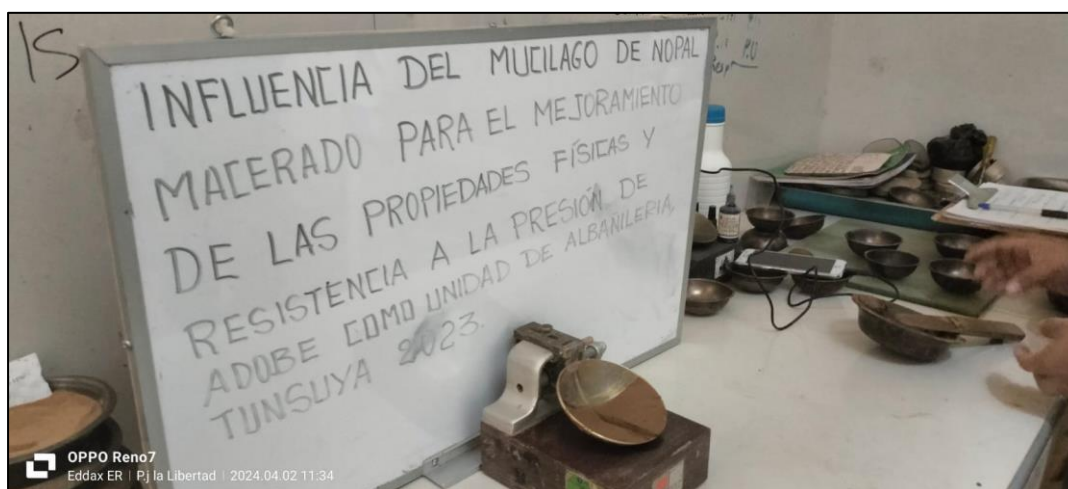
17. Ensayos de laboratorio



18. Ensayos de laboratorio



19. Ensayos de laboratorio



20. Pesos de las muestras



21. Variación Dimensional de las muestras



22. Variación Dimensional de las muestras



23. Ensayo de resistencia a la compresión de las muestras



24. Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra con 25% de mucilago de nopal



25. Ensayo de Erosión Acelerada (SAET)



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



"INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBAÑILERÍA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho

ENERO DE 2024

DATOS DEL LABORATORIO:

Reporte de Ficha RUC

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.

20600160207

Lima, 04/07/2024

Información General del Contribuyente	
Código y descripción de Tipo de Contribuyente	39 SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Fecha de Inscripción	21/02/2015
Fecha de Inicio de Actividades	21/02/2015
Estado del Contribuyente	ACTIVO
Dependencia SUNAT	0243 - ITLAYACUCHO-MEPECO
Condición del Domicilio Fiscal	HABIDO
Emisor electrónico desde	15/03/2021
Comprobantes electrónicos	FACTURA (desde 15/03/2021),BOLETA (desde 24/07/2021)

Datos del Contribuyente	
Nombre Comercial	-
Tipo de Representación	-
Actividad Económica Principal	7110 - ACTIVIDADES DE ARQUITECTURA E INGENIERIA Y ACTIVIDADES CONEXAS DE CONSULTORIA TÉCNICA
Actividad Económica Secundaria 1	7210 - INVESTIGACIONES Y DESARROLLO EXPERIMENTAL EN EL CAMPO DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LA INGENIERIA
Actividad Económica Secundaria 2	7120 - ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS
Sistema Emisión Comprobantes de Pago	MANUAL
Sistema de Contabilidad	COMPUTARIZADO
Código de Profesión / Oficio	-
Actividad de Comercio Exterior	SIN ACTIVIDAD



RUC N° 20600160207

REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES

CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN
PARA SER PARTICIPANTE, POSTOR Y CONTRATISTA

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.

Domiciliado en: JIRON POCKRAS 693 (MEDIA ANTES DE EX DISCOTECA QUILLA) /AYACUCHO-
HUAMANGA-AYACUCHO (Según información declarada en la SUNAT)

Se encuentra con inscripción vigente en los siguientes registros:



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERIA CIVIL

RUC: 20607978992

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MC064 - F - 2023

Metrología y calibración
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	230131	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.	
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO	
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad	1000 kN	
Marca	PINZUAR	
Modelo	PC-180	METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	157	
Procedencia	COLOMBIA	
Identificación	NO INDICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Indicación	DIGITAL	
Marca	PINZUAR	
Modelo	PC-180	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Número de Serie	157	
Resolución	0,1 kN	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.	



AKHISE
INGENIERIA Y CONSTRUCCION

ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 7 DIAS CON 0% DE MUCILAGO

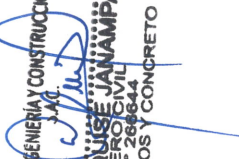
REGISTRO: 001

FECHA: ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.06	13.01	325.95	16.6	5.1
2	M-2	25.13	13.12	329.59	15.1	4.6
3	M-3	25.05	13.05	326.89	17.0	5.2
4	M-4	25.08	13.03	326.74	16.6	5.1
5	M-5	25.05	13.08	327.74	17.7	5.4
6	M-6	25.12	13.06	328.01	16.6	5.1
7	M-7	25.08	13.07	327.82	15.1	4.6
8	M-8	25.05	13.01	325.87	16.8	5.2
9	M-9	25.02	13.14	328.74	16.4	5.0
10	M-10	25.00	13.09	327.29	17.8	5.4
Promedio fb (kg/cm2)						5
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						5
Coeficiente de Variacion (%)						6



AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION
S.A.C.



WELHNER AQUISE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 266644
AREA DE SUELOS Y CONCRETO

	ENSAYO DE LABORATORIO	
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE	

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"			
SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA	REGISTRO:	001	
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	PROVINCIA:	HUAMANGA	
DISTRITO: AYACUCHO	LOCALIDAD:	AYACUCHO	
ITEM ENSAYO A LOS 7 DIAS CON 25% DE MUCILAGO			
FECHA:		ENERO DE 2024	

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.15	13.07	328.59	25.5	7.8
2	M-2	25.06	13.00	325.90	24.3	7.5
3	M-3	25.10	13.06	327.96	25.9	7.9
4	M-4	25.13	13.15	330.44	26.3	8.0
5	M-5	25.06	13.09	327.96	25.3	7.7
6	M-6	25.03	13.10	327.94	25.6	7.8
7	M-7	25.01	13.07	327.01	26.1	8.0
8	M-8	25.13	13.04	327.77	24.9	7.6
9	M-9	25.14	13.14	330.29	26.1	7.9
10	M-10	25.08	13.08	327.94	25.8	7.9
Promedio fb (kg/cm2)						8
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						8
Coeficiente de Variacion (%)						2

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION
WELHNER AGUIRRE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 266844
AREA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO

PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO

LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 7 DIAS CON 50% DE MUCILAGO

REGISTRO: 001

ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.07	13.09	328.23	29.0	8.8
2	M-2	25.05	13.12	328.68	29.9	9.1
3	M-3	25.01	13.08	327.27	30.0	9.2
4	M-4	25.11	13.06	327.93	30.6	9.3
5	M-5	25.13	13.03	327.47	30.4	9.3
6	M-6	25.02	13.11	328.09	29.1	8.9
7	M-7	25.05	13.12	328.79	29.9	9.1
8	M-8	25.12	13.09	328.92	30.7	9.3
9	M-9	25.13	13.14	330.14	29.2	8.8
10	M-10	25.10	13.01	326.60	31.5	9.6
Promedio fb (kg/cm2)						9
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						9
Coeficiente de Variacion (%)						3



AKHISE INGENIERIA CONSULTORES



VELHNER ACUÑA JANAMPA

INGENIERO CIVIL

CIP N° 246844

SEPA N° 711105 Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 7 DIAS CON 75% DE MUCILAGO

REGISTRO:

001

FECHA:

ENERO
DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.07	13.07	327.74	38.9	11.9
2	M-2	25.13	13.02	327.11	38.4	11.7
3	M-3	25.11	13.05	327.75	37.4	11.4
4	M-4	25.05	13.12	328.58	36.6	11.1
5	M-5	25.04	13.08	327.52	37.8	11.5
6	M-6	25.13	13.03	327.46	37.6	11.5
7	M-7	25.07	13.06	327.38	38.1	11.6
8	M-8	25.09	13.13	329.34	36.6	11.1
9	M-9	25.14	13.03	327.45	36.5	11.1
10	M-10	25.14	13.08	328.77	37.9	11.5
Promedio fb (kg/cm2)					37.9	11
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						11
Coeficiente de Variacion (%)						2

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION
S.A.C.
WELHNER AQUISE JUANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 266844
AREA DE SIEMBROS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA	REGISTRO: 001
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	PROVINCIA: HUAMANGA
DISTRITO: AYACUCHO	LOCALIDAD: AYACUCHO
ITEM ENSAYO A LOS 7 DIAS CON 100% DE MUCILAGO	FECHA: ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.14	13.02	327.36	41.6	12.7
2	M-2	25.04	13.15	329.16	43.8	13.3
3	M-3	25.01	13.12	328.14	43.5	13.3
4	M-4	25.07	13.13	329.09	45.5	13.8
5	M-5	25.09	13.06	327.70	46.0	14.0
6	M-6	25.13	13.12	329.78	43.3	13.1
7	M-7	25.03	13.08	327.48	45.6	13.9
8	M-8	25.11	13.07	328.20	44.0	13.4
9	M-9	25.05	13.03	326.30	44.8	13.7
10	M-10	25.06	13.06	327.24	44.1	13.5
Promedio fb (kg/cm2)						13
Desviación Estandar (kg/cm2)						0
fb Característico (kg/cm2)						13
Coeficiente de Variación (%)						3

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER ACQUISE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 266644
AREA DE CIELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERÍA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 18 DIAS CON 0% DE MUCILAGO

REGISTRO: 001

FECHA: ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.15	13.12	330.01	18.4	5.6
2	M-2	25.13	13.02	327.31	19.6	6.0
3	M-3	25.02	13.07	326.94	20.6	6.3
4	M-4	25.01	13.06	326.75	20.4	6.2
5	M-5	25.14	13.09	329.16	18.5	5.6
6	M-6	25.07	13.04	326.96	19.7	6.0
7	M-7	25.08	13.02	326.41	18.4	5.6
8	M-8	25.10	13.06	327.95	21.8	6.6
9	M-9	25.02	13.10	327.82	21.0	6.4
10	M-10	25.15	13.15	330.64	18.7	5.7
Promedio fb (kg/cm2)						6
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						6
Coeficiente de Variacion (%)						6

WELHNER AQUISE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
C.O.N.I. 266644
AREA DE CIMENTOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA
DISTRITO: AYACUCHO LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 18 DIAS CON 25% DE MUCILAGO

REGISTRO:

001

FECHA:

ENERO
DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.07	13.10	328.32	27.7	8.4
2	M-2	25.04	13.06	327.16	30.4	9.3
3	M-3	25.05	13.08	327.74	26.7	8.2
4	M-4	25.14	13.05	327.95	27.5	8.4
5	M-5	25.11	13.04	327.34	28.0	8.6
6	M-6	25.09	13.07	328.03	27.3	8.3
7	M-7	25.12	13.11	329.27	29.9	9.1
8	M-8	25.10	13.12	329.29	26.9	8.2
9	M-9	25.10	13.06	327.75	29.8	9.1
10	M-10	25.10	13.02	326.84	28.9	8.8
Promedio fb (kg/cm2)						9
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						8
Coeficiente de Variacion (%)						5

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER AQUILINO JAVANAPIA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 266644
AREA DE SUELOS Y CONCRETO

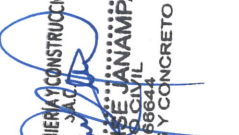
	ENSAYO DE LABORATORIO	
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE	

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERÍA, TUNSUYA 2023"			
SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA	REGISTRO: 001		
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	PROVINCIA: HUAMANGA		
DISTRITO: AYACUCHO	LOCALIDAD: AYACUCHO		
ITEM ENSAYO A LOS 18 DIAS CON 50% DE MUCILAGO	FECHA: ENERO DE 2024		

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.06	13.10	328.23	37.4	11.4
2	M-2	25.07	13.07	327.70	36.1	11.0
3	M-3	25.08	13.13	329.30	36.8	11.2
4	M-4	25.08	13.10	328.58	37.5	11.4
5	M-5	25.06	13.02	326.27	37.9	11.6
6	M-6	25.00	13.11	327.82	37.8	11.5
7	M-7	25.10	13.04	327.27	36.4	11.1
8	M-8	25.07	13.13	329.25	35.2	10.7
9	M-9	25.05	13.12	328.59	35.3	10.7
10	M-10	25.03	13.08	327.31	38.9	11.9
Promedio fb (kg/cm2)						11
Desviación Estandar (kg/cm2)						0
fb Característico (kg/cm2)						11
Coeficiente de Variación (%)						3



AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.



WELHNER AQUISE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 266644
AREA DE SILOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERÍA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO

PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO

LOCALIDAD: AYACUCHO

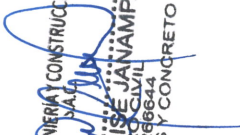
ITEM ENSAYO A LOS 18 DIAS CON 75% DE MUCILAGO

REGISTRO: 001

ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.06	13.09	327.96	45.7	13.9
2	M-2	25.02	13.05	326.56	47.1	14.4
3	M-3	25.07	13.08	327.89	47.2	14.4
4	M-4	25.08	13.15	329.68	47.0	14.2
5	M-5	25.08	13.13	329.35	45.9	13.9
6	M-6	25.12	13.07	328.34	46.9	14.3
7	M-7	25.12	13.01	326.95	47.3	14.5
8	M-8	25.11	13.10	328.81	47.4	14.4
9	M-9	25.06	13.03	326.49	45.3	13.9
10	M-10	25.04	13.07	327.15	45.7	14.0
Promedio fb (kg/cm2)						14
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						14
Coeficiente de Variacion (%)						2

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION



VELHNER AQUISE JANAMPA

INGENIERO CIVIL

CIP N° 246644

AREA DE SUELOS Y CONCRETO



AKHISE
TECNOLOGIA DE CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO

PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO

LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 18 DIAS CON 100% DE MUCILAGO

REGISTRO: 001

ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.13	13.13	330.06	58.2	17.6
2	M-2	25.14	13.00	326.84	57.2	17.5
3	M-3	25.12	13.05	327.83	58.4	17.8
4	M-4	25.12	13.04	327.57	59.8	18.3
5	M-5	25.13	13.04	327.73	59.2	18.1
6	M-6	25.04	13.00	325.55	57.0	17.5
7	M-7	25.02	13.02	325.71	59.0	18.1
8	M-8	25.09	13.09	328.36	60.7	18.5
9	M-9	25.07	13.15	329.58	60.8	18.5
10	M-10	25.03	13.15	329.10	57.4	17.4
Promedio fb (kg/cm2)						18
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						18
Coeficiente de Variacion (%)						2

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION
S.A.C.


WELHNER AQUISE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 268644
AREA DE SUELOS Y CONCRETO



AKHISE
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERÍA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 30 DIAS CON 0% DE MUCILAGO

REGISTRO: 001

FECHA: ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.08	13.11	328.80	23.8	7.2
2	M-2	25.00	13.00	325.00	26.3	8.1
3	M-3	25.13	13.08	328.70	23.2	7.1
4	M-4	25.10	13.18	330.82	26.1	7.9
5	M-5	25.11	13.16	330.32	25.1	7.6
6	M-6	25.06	13.17	330.02	24.2	7.3
7	M-7	25.11	13.00	326.47	24.4	7.5
8	M-8	25.15	13.15	330.63	25.7	7.8
9	M-9	25.01	13.07	326.98	23.0	7.0
10	M-10	25.13	13.11	329.43	24.7	7.5
Promedio fb (kg/cm2)						7
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						7
Coeficiente de Variacion (%)						5

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION
S.A. C.
WELHNER AQUISE JUANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 266341
AREA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO

PROVINCIA: HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO

LOCALIDAD: AYACUCHO

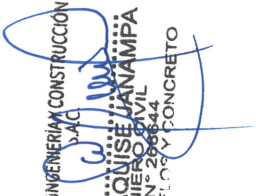
ITEM ENSAYO A LOS 30 DIAS CON 25% DE MUCILAGO

REGISTRO: 001

ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.06	13.05	327.03	30.7	9.4
2	M-2	25.18	13.18	331.87	34.9	10.5
3	M-3	25.16	13.14	330.60	34.2	10.3
4	M-4	25.07	13.15	329.67	34.8	10.6
5	M-5	25.12	13.09	328.77	34.3	10.4
6	M-6	25.15	13.14	330.45	34.0	10.3
7	M-7	25.13	13.09	328.96	34.2	10.4
8	M-8	25.16	13.05	328.29	34.7	10.6
9	M-9	25.03	13.09	327.66	34.9	10.7
10	M-10	25.12	13.01	326.72	33.6	10.3
Promedio fb (kg/cm2)						10
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						10
Coeficiente de Variacion (%)						3

AKHISE INGENIERIA CONSTRUCCION



WELHNER AQUISE YANAMPA

INGENIERO CIVIL

CIP N° 206644

AREA DE SUELOS Y CONCRETO

	ENSAYO DE LABORATORIO	
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE	

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERÍA, TUNSUYA 2023"			
SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA		REGISTRO:	001
DEPARTAMENTO:	AYACUCHO	PROVINCIA:	HUAMANGA
DISTRITO:	AYACUCHO	LOCALIDAD:	AYACUCHO
ITEM ENSAYO A LOS 30 DÍAS CON 50% DE MUCILAGO			
		FECHA:	ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.10	13.10	328.81	41.7	12.7
2	M-2	25.20	13.04	328.61	42.8	13.0
3	M-3	25.19	13.13	330.74	43.1	13.0
4	M-4	25.12	13.08	328.57	44.2	13.5
5	M-5	25.12	13.10	329.08	41.8	12.7
6	M-6	25.06	13.09	327.98	41.3	12.6
7	M-7	25.04	13.00	325.54	43.1	13.2
8	M-8	25.10	13.16	330.15	44.0	13.3
9	M-9	25.16	13.20	332.15	43.3	13.0
10	M-10	25.01	13.05	326.28	43.5	13.3
Promedio fb (kg/cm2)						13
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						13
Coeficiente de Variacion (%)						2

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER AQUISE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 266641
AREA DE SIEMPRE Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA
DISTRITO: AYACUCHO LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 30 DIAS CON 75% DE MUCILAGO

REGISTRO:

001

FECHA:

ENERO
DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm ²)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm ²)
1	M-1	25.04	13.12	328.52	55.7	17.0
2	M-2	25.09	13.14	329.68	56.8	17.2
3	M-3	25.03	13.07	327.14	57.6	17.6
4	M-4	25.07	13.02	326.41	58.3	17.9
5	M-5	25.16	13.18	331.63	55.8	16.8
6	M-6	25.02	13.06	326.71	57.8	17.7
7	M-7	25.13	13.05	327.90	56.8	17.3
8	M-8	25.09	13.01	326.47	55.9	17.1
9	M-9	25.05	13.05	326.82	56.7	17.3
10	M-10	25.10	13.11	328.89	55.6	16.9
Promedio fb (kg/cm ²)						17
Desviacion Estandar (kg/cm ²)						0
fb Caracteristico (kg/cm ²)						17
Coeficiente de Variacion (%)						2

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WENDY KATIA ALIAGA PAREDES
INGENIERO CIVIL
CIP N° 268644
AREA DE DISEÑO Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROYECTO: "INFLUENCIA DE MUCILAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBANILERIA, TUNSUYA 2023"

SOLICITANTE: ALIAGA PAREDES WENDY KATIA

DEPARTAMENTO: AYACUCHO PROVINCIA: HUAMANGA
DISTRITO: AYACUCHO LOCALIDAD: AYACUCHO

ITEM ENSAYO A LOS 30 DIAS CON 100% DE MUCILAGO

REGISTRO: 001

FECHA: ENERO DE 2024

N°	MUESTRA	LARGO DEL ESPECIMEN (cm)	ANCHO DEL ESPECIMEN (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIMEN (cm2)	LECTURA DIGITAL (Kn)	RESISTENCIA ESPECIFICA DEL ESPECIMEN (kg/cm2)
1	M-1	25.14	13.07	328.58	68.8	20.9
2	M-2	25.10	13.18	330.82	70.4	21.3
3	M-3	25.13	13.10	329.20	71.6	21.7
4	M-4	25.07	13.16	329.92	71.4	21.6
5	M-5	25.02	13.02	325.73	69.1	21.2
6	M-6	25.14	13.17	331.03	70.7	21.4
7	M-7	25.00	13.00	325.04	70.2	21.6
8	M-8	25.01	13.12	328.10	68.0	20.7
9	M-9	25.02	13.00	325.28	68.7	21.1
10	M-10	25.03	13.16	329.32	68.0	20.6
Promedio fb (kg/cm2)						21
Desviacion Estandar (kg/cm2)						0
fb Caracteristico (kg/cm2)						21
Coeficiente de Variacion (%)						2

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER AQUISE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 268644
AREA DE SUELOS Y CONCRETO

**UNSCH**FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 051-2024-FIMGC****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 563-2024-FIMGC-D, MEMORANDO N° 381-2024-FIMGC/UNSCH** y el **MEMORANDO N° 382-2024-FIMGC/UNSCH**, al veintiuno días del mes de agosto de 2024, siendo las 10:00 a.m, reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, bajo la presidencia del MSc. Ing. Javier TAIPE CARBAJAL y los miembros; Arq. Armando FERNÁNDEZ ALAGÓN y MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN, actuando como secretario docente el MSc. Richar Rubén JORGE BERROCAL, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

Wendy Katia ALIAGA PAREDES

Quien presentó la tesis denominada:

Influencia del mucílago de nopal macerado para el mejoramiento de las propiedades físicas y resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería, Tunsuya 2023.

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, deliberan y lo declaran:

APROBADO NOTA: 17

Siendo las 11:55 a.m. del día 21 de agosto de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. Ing. Javier TAIPE CARBAJAL
Presidente

Arq. Armando FERNÁNDEZ ALAGÓN
Miembro

MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN
Miembro

MSc. Ing. Richar Rubén JORGE BERROCAL
Secretario docente (e) de la FIMGC

cc:
Archivo



UNSH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 114-2024-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 476-2023-FIMGC-UNSH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : WENDY KATIA ALIAGA PAREDES
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : INFLUENCIA DEL MUCÍLAGO DE NOPAL MACERADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMO UNIDAD DE ALBAÑILERÍA, TUNSUYA 2023.
Evaluación de la Originalidad : 24 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2459912315

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 20 de setiembre del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Msc. Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Con depósito para Sustentación y Tramites
Cc. Archivo.

Influencia del mucílago de nopal macerado para el mejoramiento de las propiedades físicas y resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería, Tunsuya 2023.

por WENDY KATIA ALIAGA PAREDES

Fecha de entrega: 20-sep-2024 06:13a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2459912315

Nombre del archivo: Tesis_Wendy_Katia_Aliaga_Paredes.pdf (25.71M)

Total de palabras: 35522

Total de caracteres: 186222

Influencia del mucílago de nopal macerado para el mejoramiento de las propiedades físicas y resistencia a la compresión del adobe como unidad de albañilería, Tunsuya 2023.

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	24%	2%	16%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	10%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.uandina.edu.pe	6%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco	2%
	Trabajo del estudiante	
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	1%
	Trabajo del estudiante	
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	1%
	Trabajo del estudiante	
6	repositorio.usanpedro.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

8

Fuente de Internet

<1 %

9

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

10

repositorio.unica.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

11

repositorio.ucss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

13

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

14

repositorio.undac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

16

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

ia601600.us.archive.org

Fuente de Internet

<1 %

18

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

19

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

20	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Corporación Universitaria Iberoamericana Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	Camila Gianella, Jasmine Gideon, Maria Jose Romero. "What does COVID-19 tell us about the Peruvian health system?", Canadian Journal of Development Studies / Revue canadienne d'études du développement, 2020 Publicación	<1 %
25	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
26	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words