

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Mejoramiento de las propiedades del adobe, adicionando mucílago de  
algarrobo, para aumentar su resistencia frente a lluvias e inundaciones**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Arlyn Eduardo Quijano Valdera**

**ASESOR**

**Manuel Alejandro Borja Suarez**

<https://orcid.org/0000-0002-6532-4976>

**Chiclayo, 2023**

**Mejoramiento de las propiedades del adobe, adicionando mucílago  
de algarrobo, para aumentar su resistencia frente a lluvias e  
inundaciones**

PRESENTADA POR  
**Arlyn Eduardo Quijano Valdera**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

César Eduardo Cachay Lazo  
PRESIDENTE

Carlos Rafael Tafur Jimenez  
SECRETARIO

Manuel Alejandro Borja Suarez  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedico este gran logro a mis padres, por haberme forjado como la persona que soy ahora, a mis hermanas, por ser motivo de que no desista en el camino. Ustedes, son, y serán motivo de superación cada día.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis amigos que de alguna u otra manera me ayudaron en este proceso, un agradecimiento especial a mi asesor Ing. Borja Suarez Manuel Alejandro, por su tiempo y dedicación en esta investigación.

## TESIS\_QUIJANOVALDERA\_ARLYNEDUARDO

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Señor de Sipan Trabajo del estudiante	<1%

## Índice

Resumen .....	10
Abstract .....	11
Introducción .....	12
Revisión de literatura .....	16
Materiales y métodos .....	23
Conclusiones .....	89
Recomendaciones.....	91
Referencias .....	92
Anexos.....	96

## Lista de tablas

Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	25
Tabla 2. Matriz de consistencia.....	53
Tabla 3. Peso Unitario Suelto.....	57
Tabla 4. Peso Unitario Compactado.....	57
Tabla 5. Granulometría .....	58
Tabla 6. Limite Líquido y Limite Plástico .....	59
Tabla 7. Consistencia física de la muestra .....	60
Tabla 8. Resultados de Porcentaje de Humedad .....	60
Tabla 9. Resultados de Variación dimensional .....	61
Tabla 10. Resultados de ensayo a Succión de Adobe Patrón.....	62
Tabla 11. Resultados de ensayo a Succión de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo .....	63
Tabla 12. Resultados de ensayo a Succión de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo .....	64
Tabla 13. Resultados de ensayo a Succión de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo .....	65
Tabla 14. Resultados de ensayo de Resistencia a compresión de unidades.....	66
Tabla 15. Resultados de ensayo de Resistencia a compresión de unidades.....	67
Tabla 16. Resultados de ensayo de Resistencia a compresión de unidades.....	68
Tabla 17. Resultados de ensayo de Resistencia a compresión de unidades.....	69
Tabla 18. Características geométricas de pilas de Adobe Patrón.....	70
Tabla 19. Características geométricas de pilas de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo .....	70
Tabla 20. Características geométricas de pilas de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo .....	70
Tabla 21. Características geométricas de pilas de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo .....	70
Tabla 22. Esfuerzos resistentes en compresión ( $f'_m$ ) de Adobe Patrón.....	71
Tabla 23. Esfuerzos resistentes en compresión ( $f'_m$ ) de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo .....	71
Tabla 24. Esfuerzos resistentes en compresión ( $f'_m$ ) de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo .....	71

Tabla 25. Esfuerzos resistentes en compresión ( $f'_m$ ) de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo .....	71
Tabla 26. Características geométricas de Muretes de Adobe Patrón .....	72
Tabla 27. Características geométricas de Muretes de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo... 72	
Tabla 28. Características geométricas de Muretes de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo... 72	
Tabla 29. Características geométricas de Muretes de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo... 73	
Tabla 30. Esfuerzos resistentes en tracción ( $f'_t$ ) de Adobe Patrón .....	73
Tabla 31. Esfuerzos resistentes en tracción ( $f'_t$ ) de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo .....	73
Tabla 32. Esfuerzos resistentes en tracción ( $f'_t$ ) de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo .....	74
Tabla 33. Esfuerzos resistentes en tracción ( $f'_t$ ) de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo .....	74
Tabla 34. Matriz de Leopold .....	86

## Lista de figuras

Figura 1. Procesos para elaboración de bloques de adobe .....	18
Figura 2. Resultados de la prueba de bola.....	29
Figura 3. Resultados de la prueba de bola.....	29
Figura 4. Ensayo de Succión .....	34
Figura 5. Ensayo de Succión .....	35
Figura 6. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Adobe Patrón.....	36
Figura 7. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Adobe + 2% M.A.....	36
Figura 8. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Adobe + 4% M.A.....	37
Figura 9. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Adobe + 6% M.A.....	37
Figura 10. Elaboración de pilas.....	39
Figura 11. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas de Adobe Patrón .....	39
Figura 12. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo .....	40
Figura 13. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo .....	40
Figura 14. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo .....	41
Figura 15. Elaboración de muretes.....	42
Figura 16. Ensayo de Resistencia a la tracción de muretes de Adobe Patrón.....	42
Figura 17. Ensayo de Resistencia a la tracción de muretes de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo .....	43
Figura 18. Ensayo de Resistencia a la tracción de muretes de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo .....	43
Figura 19. Ensayo de Resistencia a la tracción de muretes de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo .....	44
Figura 20. Elaboración de canales sin refuerzo.....	45
Figura 21. Impermeabilización de canales .....	45
Figura 22. Ensayo de Inundación simulada de Adobe Patrón.....	46
Figura 23. Ensayo de Inundación simulada de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo .....	46

Figura 24. Ensayo de Inundación simulada de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo .....	47
Figura 25. Ensayo de Inundación simulada de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo .....	47
Figura 26. Resultado de mucílago de algarrobo.....	48
Figura 27. Proceso de elaboración del adobe .....	49
Figura 28. Proceso de elaboración del adobe adicionando mucílago del algarrobo .....	50
Figura 29. Proceso de elaboración del adobe adicionando mucílago del algarrobo .....	50
Figura 30. Colocación de adobe en gaveras .....	51
Figura 31. Secado de adobe a la intemperie .....	51
Figura 32. Transporte de las unidades de adobe .....	52
Figura 33. Volteo de muro de Adobe Patrón .....	75
Figura 34. Volteo de muro de Adobe más 6% de mucílago de algarrobo .....	76
Figura 35. Volteo de muro de Adobe más 2% de mucílago de algarrobo .....	77
Figura 36. Volteo de muro de Adobe más 4% de mucílago de algarrobo .....	78

## Resumen

Actualmente las viviendas en el norte del Perú se encuentran en un estado vulnerable, por consecuencia del último fenómeno del niño ocurrido en el norte del Perú, y esto se debe a muchos factores como la ubicación, el material que se usa para la construcción de dichas viviendas. Ante ello, surge la pregunta ¿De qué manera influye la adición de mucílago de algarrobo en la resistencia del adobe estabilizado ante efectos de lluvias e inundaciones? La hipótesis sostiene que el mucílago de algarrobo influye en las características mecánicas del adobe, incrementando su resistencia ante efectos de lluvias e inundaciones y se justifica de manera económica, ambiental, social y tecnológica. El objetivo general es evaluar la resistencia del adobe añadiendo mucílago de algarrobo para reducir los efectos de la lluvia y las inundaciones. Esta investigación es experimental, y se tiene como población al departamento de Lambayeque y la muestra del suelo es de la misma ciudad, en una zona donde todas las viviendas son construidas con adobe. Los ensayos que se han tomado en cuenta son los estipulados en la Norma E.080: Tierra Reforzada, y también se hizo un ensayo para comprobar la resistencia a la inundación, siendo un ensayo de simulación, llegando a comprobar los resultados del ensayo a succión.

Se llegó a la conclusión que a mayor sea el porcentaje de adición del mucílago de algarrobo al adobe, mayor será su resistencia frente a efectos de agua.

**Palabras claves:** mucílago de algarrobo, adobe, adobe estabilizado, características mecánicas, resistencia

## Abstract

Currently, the houses in the north of Peru are in a vulnerable state, because of the last phenomenon of the child that occurred in the north of Peru, and this is due to many factors such as the location, the material used for the construction of said households. Given this, the question arises: ¿How did the reduction of carob mucilage influence the resistance of stabilized adobe to the effects of rains and floods? The hypothesis maintains that carob mucilage influences the mechanical characteristics of adobe, increasing its resistance to the effects of rain and flooding and is justified economically, environmentally, socially, and technologically. The general objective is to evaluate the resistance of adobe by adding carob mucilage to reduce the effects of rain and flooding. This research is experimental, and the population is the department of Lambayeque, and the soil sample is from the same city, in an area where all the houses are built with adobe. The tests that have been considered are those stipulated in Standard E.080: Reinforced Earth, and a test was also carried out to check the resistance to flooding, being a simulation test, reaching the results of the suction test.

It was concluded that the greater the percentage of reduction of the carob mucilage to the adobe, the greater its resistance to the effects of water.

**Keywords:** carob mucilage, adobe, stabilized adobe, mechanical characteristics, resistance.

## Introducción

A nivel mundial, uno de los materiales más antiguos, duraderos y respetuosos con el medio ambiente es el adobe, pero también es vulnerable a diversos factores como la lluvia, el viento y los terremotos, y es menos duradero que otros materiales de construcción como el concreto. [1].

El calentamiento global se ha convertido en un foco de alerta para los organismos vivos, centrándose de esta manera en buscar alternativas innovadoras, ecológicas y sostenibles, considerando ser el adobe un material que cumple con ello, sin embargo, no cuenta con las condiciones óptimas para ser empleado en las construcciones [2]. A pesar de ello, existen todavía poblaciones que hacen uso de este material, mayormente son aquellas familias de bajos recursos económicos.

A nivel mundial, los materiales de construcción de tierra son más vulnerables a agrietarse por deformaciones excesivas por contracción por secado frente a las construcciones con otros materiales, y ello se debe por su elevado contenido de partículas finas [3].

Además, se han utilizado en gran medida para viviendas rurales, pequeñas ciudades o asentamientos informales lo cual hoy en día representan un enorme patrimonio arquitectónico y cultural del país. Debido a su comportamiento frágil, baja ductilidad del material caracterizado por baja resistencia a tracción y flexión se muestran una alta vulnerabilidad sísmica [4].

Según [5], el interés por conservar o reparar elementos realizados con adobe y técnicas tradicionales ha estimulado la investigación sobre el uso del material con la adición de diversos elementos para obtener mejores propiedades físicas y mecánicas y se ha convertido en un tema de gran importancia en muchos países. El adobe, debido a su historia, su bajo costo energético, su aportación a transferencia óptima de energía, reintegración del medio natural, etc. Se puede considerar un material de construcción apto para el ser humano.

El problema principal en el Perú, no solo es la construcción de viviendas con este material, sino que, principalmente estas unidades de adobe no presentan una correcta asistencia de un técnico con experiencia, así como la mínima difusión de los procedimientos señalados en la Norma E-080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”, por lo tanto, esta autoconstrucción, con los métodos propios de los lugareños, puede provocar tragedias y accidentes a corto o largo plazo.[6].

Caral es una ciudad que posee una antigüedad de hace 5 mil años, construida íntegramente en adobe y en América su arquitectura es considerada la más antigua levantada con dicho material. Así mismo según el INEI, existen aún más de 1, 700,000 casas que se encuentran hechas de adobe y tienen más de 300 años de antigüedad. Lo que más se rescata y además es lo

más importante de este sistema constructivo, es que el adobe es un material que ha sido bien trabajado y presenta un correcto Sobrecimiento que ayuda en la resistencia a la humedad [7].

A pesar de la amplia aceptación de la construcción de viviendas con materiales nobles en diferentes zonas urbanas, en Puno sigue predominando el adobe como principal material de construcción de viviendas, con 222.348 casas construidas con este material. Dadas las ventajas de una buena regulación de la temperatura, un mejor aislamiento acústico y la facilidad para cambiar el diseño[8].

Según el Diario El Correo, la región de Lambayeque ha sido afectada de manera significativa en el último Fenómenos del Niño del año 2017, llegando a tener un promedio de 799 viviendas colapsadas en la provincia de Chiclayo, de las cuales 272 quedaron inhabitables y 527 viviendas fueron afectadas considerablemente por estas intensas lluvias. Sin embargo, existe una gran preocupación por las viviendas construidas con este material de adobe [9]

Si bien es cierto, Chiclayo en la actualidad, presenta un gran número de viviendas hechas a base de adobe, las cuales han sido reemplazadas por el material noble (ladrillo y concreto) siendo éstas de gran desempeño constructivo. Sin embargo, pese a las desventajas que presenta el adobe tales: como mayor fragilidad, enorme espesor de sus muros que hacen que su espacio sea reducido, deficiencia en lluvias y baja resistencia sísmica; se pretende adicionar un componente a base de algarrobo (árbol nativo de la zona en estudio) que, al añadirlo en la producción de adobe, éste ganará características necesarias lo cual le ayudará en su comportamiento.

En la ciudad de Túcume, sus más grandes riesgos considerados con los deslizamientos, inundaciones y lluvias intensas, que afectan de manera considerable a diferentes sectores, lo que genera pérdidas de cosechas, anegación de áreas de cultivos, daños en sus infraestructuras viales y afectación de las viviendas de los pobladores afectando de manera significativa a comunidades, debido a su mala construcción de estas estructuras, específicamente en épocas del Fenómeno El Niño [10]. Así como también se genera el incremento y propagación de plagas y enfermedades, perdiendo de esta manera cultivos por intensas lluvias.

En diversas investigaciones, se presentan recomendaciones para revoque fino de viviendas de adobe o de quincha, la adición de clara de huevo en este tipo de revoque, considerando este material aditivo una proteína con excelentes propiedades, generando así un material en conjunto con un comportamiento deseado [11].

Por lo tanto, esta investigación se enfocó en analizar el comportamiento físico y mecánico de los bloques de adobe con adición de mucílago de algarrobo para ser comparados con los bloques de adobe tradicionales durante las lluvias e inundaciones en la ciudad de Chiclayo,

provincia de Lambayeque. Por lo tanto, se planteó el siguiente problema de investigación: ¿De qué manera influye la adición de mucílago de algarrobo en la resistencia del adobe estabilizado ante efectos de lluvias e inundaciones?

Esta investigación se justifica en el *aspecto económico*, ya que, se centra en realizar un estudio de adobe estabilizado a la acción de agua adicionado mucílago de algarrobo, brindando así una óptima alternativa no solo técnica, sino económica, al bajo costo que resultaría conseguir el mucílago de algarrobo, material que permitirá obtener una unidad de adobe con mejores propiedades frente al elevado costo de los adobes convencionales. Asimismo, en el *sector ambiental*, este estudio permite promover la mejora de propiedades del adobe mediante el uso mucílago de algarrobo, que se encuentra en la naturaleza, no solo convirtiéndose en una alternativa técnica y eficiente, sino también amigable con nuestro medio ambiente, estas unidades de adobe están conformados por tierra, siendo esta aquel material más abundante en el mundo, resultando ser así una propuesta sostenible.

Además de ello, esta investigación se justifica en el *aspecto social*, debido a que, existen muchas viviendas que han sido construidas con adobe a nivel regional, por las cuales, al brindar esta alternativa, será de gran apoyo para las familias de bajos recursos que sigan construyendo con este material, por ser económico. Esta alternativa también facilitará a estas familias que construyeron con adobes más resistentes ante lluvias intensas y así estas viviendas se conversen más, permitiendo así un crecimiento socioeconómico significativo. Esta propuesta de tesis también se justifica en el *aspecto tecnológico*, ya que, este mucílago de algarrobo como estabilizador de adobes ante la acción de agua se convierte en una alternativa o procedimiento innovador en la ciudad de Chiclayo, la cual brindaron mejores propiedades físicas y mecánicas a estas unidades a la vez de brindar estabilizar este material ante efectos de lluvias e inundaciones.

Ante la formulación del problema planteado anteriormente, se determina como hipótesis a lo siguiente: “El mucílago de algarrobo influye en las características mecánicas del adobe, incrementando su resistencia ante efectos de lluvias e inundaciones”.

Asimismo, el objetivo general es evaluar la resistencia del adobe adicionando mucílago de algarrobo para reducir los efectos de lluvias e inundaciones, y como objetivos específicos:

- Identificar las propiedades físicas del suelo que se emplea para la fabricación de las unidades de adobe.
- Elaborar unidades de adobe patrón y unidades de adobe estabilizado con adición de mucílago de algarrobo en 2 %, 4 % y 6 %.

- Obtener las propiedades mecánicas en las unidades de adobe tradicional y adobe estabilizado con adición de mucílago de algarrobo.
- Evaluar la resistencia del adobe frente a lluvias e inundaciones.
- Evaluar el impacto ambiental de la elaboración de adobe tradicional y adobe con adición de mucílago de algarrobo.

## Revisión de literatura

### -Antecedentes del problema

A nivel internacional, Abid, Kamoun, Jamoussi, & El Feki (2021), en su investigación **“Fabricación y propiedades de ladrillos de tierra comprimida a partir de materias primas locales tunecinos”** de la Universidad de Sfax en Túnez.

El objetivo principal de este estudio era evaluar el uso de un material geológico llamado Jebel Menchar para la producción de ladrillos de tierra comprimida (CEB). En este estudio se utilizaron métodos cuantitativos para determinar las propiedades químicas, físicas y mineralógicas mediante pruebas destructivas y no destructivas para comprobar la presión, la flexión, la absorción de agua y las pruebas ultrasónicas. En los resultados de este estudio, todos los ladrillos ensayados alcanzaron una resistencia a la compresión superior a 2,3 MPa. En el ensayo a 28 días, los ladrillos estabilizados alcanzaron una resistencia de 9,47 MPa con un contenido de cemento del 15%. Los autores concluyen que la estabilización del suelo con cemento afecta significativamente a las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos sin cocer.[12].

A nivel nacional, Ticona (2020), en su investigación denominada **“Análisis comparativo entre el adobe tradicional y el adobe reforzado con fibras de coco, Huancané, Puno – 2019”** de la Universidad César Vallejo de Lima.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar las resistencias a la tracción, a la compresión y a la flexión, así como la absorción de agua de unidades de adobe reforzadas con fibra de coco y comparar sus propiedades mecánicas y físicas con las del adobe convencional mediante un método experimental en el que las dosis de fibra de coco fueron del 0,5%, 1% y 2%, produciendo un total de 48 unidades de adobe reforzado frente a 16 unidades de adobe convencional. De esta evaluación se desprende que cuanto mayor es el porcentaje de fibra, mejor es la resistencia a la tracción y a la flexión, pero la resistencia a la compresión fue significativamente menor en comparación con el yeso convencional sin refuerzo. Las resistencias obtenidas en este estudio fueron de 14,2 kg/cm<sup>2</sup> en compresión, 1,86 kg/cm<sup>2</sup> en tracción y 4,6 kg/cm<sup>2</sup> en flexión, lo que es similar a la del mortero convencional (mortero estándar). Por otro lado, esto corresponde a un ladrillo reforzado con fibra de coco al 0,5% con una resistencia a la compresión de 13,6 kg/cm<sup>2</sup>, una resistencia a la tracción de 2,33 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la flexión de 4,7 kg/cm<sup>2</sup> y un ladrillo reforzado con fibra de coco al 1% con una resistencia a la compresión de 12,7 kg/cm<sup>2</sup>, una resistencia a la tracción de 2,67 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la flexión de 4,9 kg/cm<sup>2</sup>. La fibra de coco al 2% fue de 3 kg/cm<sup>2</sup> en compresión, 3,36 kg/cm<sup>2</sup> en tensión y 5 kg/cm<sup>2</sup> en flexión, de lo que los autores concluyen que

las unidades de adobe reforzadas con 0,5%, 1% y 2% de fibra de coco soportaron el ensayo de absorción de agua en un 23,01%, 23,84% y 24,68% respectivamente. (adobe patrón) no mostró ninguna mejora en términos de resistencia al agua, alcanzando el 22,59%. [13].

## **-Bases teóricas científicas**

### **1.- Adobe**

Las definiciones sobre el adobe son diversas, en algún caso también es denominado como bloque de tierra, en este sentido según el Reglamento Nacional de Edificaciones [14] Señala que es una unidad de tierra cruda que puede mezclarse con arena gruesa o paja para aumentar su durabilidad y resistencia. Así mismo, este bloque de tierra debe ser totalmente compacto sin fisuras, materias ajenas a su composición o grietas que perjudican su durabilidad o resistencia.

De igual importancia, estos bloques son realizados artesanalmente, rellenando la mezcla en moldes de manera manual para después ser expuestos a la intemperie para completar el proceso de secado. Asimismo, la composición de la tierra difiere según el lugar de procedencia ya que la composición de las proporciones de limo, arcilla y agregados se presenta en porcentajes diferentes. Por ello en la elaboración de la mezcla es fundamental el estudio de cada componente del barro, con el fin de conocer las propiedades físicas y características granulométricas de manera que se puedan estabilizar en caso se requiera. [15]. El adobe es una unidad o bloque sólido hecho de tierra cruda o sin cocer, en cuya producción se puede mezclar la tierra con arena gruesa, paja u otros materiales que mejoren su comportamiento a compresión y su durabilidad, además de promover la estabilidad frente a factores exógenos.[9].

Por otra parte, tal como se aprecia en la Figura 1 el proceso de elaboración de las unidades de adobe se efectúa mediante los siguientes pasos:

- a) Selección del tipo de suelo para la elaboración de la mezcla de barro para los adobes: Zarandear o cernir la tierra para eliminar las piedras mayores a 5mm y retirar partículas ajenas que puedan afectar en la compactación del bloque.
- b) Hidratar la tierra agregándole agua por 48 h como mínimo para activar el mayor número posible de partículas de arcilla.
- c) Preparar la mezcla del barro añadiendo la paja de caña, trigo, arroz o ichu removiendo para proceder a la conformación de moldes en las gaveras una vez dentro la mezcla se procede a alinear la superficie de los moldes con una regla de madera húmeda.
- d) Finalmente se procede a colocar las unidades elaboradas tratando de cubrirlos del sol y el viento con tendales y para eliminar las restricciones durante su secado al encogerse se espolvorea arena fina [16].

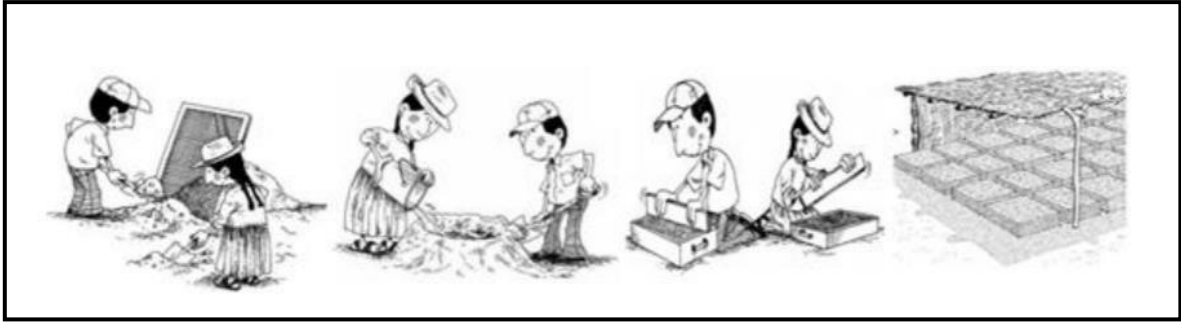


Figura 1. Procesos para elaboración de bloques de adobe

Fuente: [16].

#### -Propiedades físicas

Dentro de dichas propiedades, se pueden encontrar el peso, variación dimensional, succión y absorción.

**Peso:** Permite la determinación del peso de cada unidad, teniendo como un mínimo de 10 muestras en un lote de 1 000 000 aproximadamente [17].

**Succión:** La prueba consiste en obtener el valor de absorción temprana de la muestra midiendo la cantidad de agua que la pieza es capaz de absorber en un intervalo de tiempo determinado de 1min +/- 1s. [17].

**Absorción:** Se trata de una característica física del material, ya que determina la cantidad máxima de agua retenida por la unidad de adobe tras 24 horas de inmersión en agua, que se pesa tras el secado para calcular el porcentaje de absorción correspondiente [17].

#### -Propiedades mecánicas

En las propiedades mecánicas, se distingue la resistencia a la tracción y a la compresión.

**Resistencia a la compresión de los bloques de adobe:** Esta prueba mide el comportamiento a la compresión de los bloques de adobe y su resistencia que es determinado dividiendo la carga de rotura (P) por el área bruta de la pieza de ensayo, que debe tener una resistencia igual o superior a 10,20 kgf/cm<sup>2</sup>. [18]. Asimismo, permite determinar la presencia de arcilla para comprobar que el suelo está libre de materia orgánica extraña que pueda afectar en los resultados [9].

**Resistencia a la compresión de los prismas o pilotes de adobe:** El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia a la compresión de un muro en forma de pila de manera que la resistencia última del muro sea de 6,12 kgf/cm<sup>2</sup> [9].

**Resistencia a la tracción de bloques de adobe:** Se utiliza para medir la resistencia de un material a una fuerza de tracción por compresión diametral aplicando una carga en la dirección axial a un cilindro de adobe. [20].

Inundación Simulada: Para este procedimiento se elaboran pozas de ensayo. Y los canales son estructuras de albañilería elaboradas sin refuerzo, en donde se llegan a tarrajear sus paredes internas. Su fin es evaluar la capilaridad y la absorción del agua [20].

## **2.- Suelos**

El suelo es la capa de material que se encuentra en la superficie de la corteza terrestre, formada por la descomposición de las rocas o los cambios geológicos a través de procesos físicos o químicos, modificado también por diversas formas de actividad humana. Según [21], puede definirse como cualquier material resultante de la meteorización de la roca, es decir, el suelo es el resultado de la descomposición física o química de estos elementos

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [9] en la norma E. 080, indica los posibles porcentajes que debe tener el suelo adecuado para el adobe, la arcilla está entre 10 a 20%, limo de 15 a 25% y la arena de 55 a 70%. Mediante ensayos se verifica, de manera adecuada, si el suelo es apto.

### Clasificación de suelos:

La clasificación de un suelo se da a través de pruebas de laboratorio bajo los parámetros de la normativa para así poder determinarlo. También existen ensayos in situ permitiendo la clasificación del suelo.

Casi siempre se aplican los ensayos de laboratorio, con ellos podemos determinar de manera confiable que el suelo evaluado cumple con los parámetros establecidos para la elaboración de la mezcla de adobe y verificar la cantidad óptima de material para el estudio [22].

#### – Arcilla

Es uno de los materiales indispensables en la composición del suelo, siendo un material que da flexibilidad a la mezcla en contacto con el agua, y permite amasarla adecuadamente manteniendo su plasticidad, favorece la cohesión de otras partículas del suelo y la formación del barro; el mismo que al final del proceso de secado, adquiere una consistencia seca y se convierte en material de construcción.[23].

#### – Limo

Material inerte compuesto por partículas de lodo, arcilla y arena; y se mantiene estable al estar en contacto con el agua. Posee formación rocosa y partes de tierra lo cual aporta propiedades semi impermeables interrumpiendo la penetración del agua. [15].

#### – Arena Gruesa

Este material es un elemento inerte que al momento de entrar en contacto con el agua se mantiene estable. Al añadirla a suelos arcillosos hacen que se disminuya la cantidad y el espesor

de las fisuras aparecidas durante el secado de barro, así mismo, llega a lograrse una buena resistencia gracias a su estructura granular que presenta [23].

### **3.- Adobe estabilizado**

El adobe estabilizado es aquella unidad que ha pasado el proceso de recubrimiento o adición de estabilizantes a los revoques, dado que el muro cuenta con baja resistencia a la intemperie [24]. Asimismo, según la Norma E.080 [9], estas piezas de adobe son elaboradas mediante la adición de material como asfalto, cemento, cal, etc. Para alterar y mejorar las características físicas además de su comportamiento a compresión y estabilidad respecto a la humedad.

El material que se usa para estabilizar el adobe ayuda en mejorar la resistencia a la humedad dado que el problema fundamental del adobe convencional es su baja resistencia a esta. Estabilizar un material es mejorar sus propiedades para así poder obtener mejoras que son compatibles para su aplicación. Para ello intervienen diversos parámetros como las propiedades iniciales del suelo, las técnicas de uso del suelo en el proyecto, el sistema constructivo incluso el factor económico del proyecto y las propiedades que se requieren mejorar o el producto que se quiere obtener. [25].

De esta forma la [26] detalla los diferentes tipos de estabilización, los cuales se diferencian según los métodos aplicados en sobre la tierra a trabajar. Y estos métodos son:

Física: Se da cuando los estabilizantes modifican las características físicas de la tierra.

Química: Refiere a cuando el estabilizante añadido cambia las propiedades estructurales de granulometría, confiriéndole cohesión y reducción significativa de maleabilidad.

Mecánica: Se da cuando el estabilizante incrementa las capacidades mecánicas del material es decir este método mejora la eficacia de la mezcla en relación a la granulometría, índice de compactación y humedad, dado que regularmente esto se logra mediante la compactación de los materiales.

### **4.- Mucílago de algarrobo**

Los mucílagos son sustancias de origen vegetal, ácidas o neutras, que cumplen diferentes funciones según su peso molecular y el árbol en el que se encuentran. Estas sustancias a menudo se confunden con las gomas y las pectinas porque son compuestas de celulosa con una similar cantidad de azúcar y sólo se diferencian en sus características físicas. Los mucílagos en el agua forman coloides de baja viscosidad que permiten actividad ocular. [27]

Esta sustancia se produce en células especializadas en secreción, ubicadas en las hojas, los tallos, las raíces y las semillas; así mismo su presencia, y su función en cualquier estructura dada o ausencia, determina el nivel de adaptabilidad e incluyendo la continuidad de una especie determinada.[28].

Así mismo estas sustancias son fibra soluble que se puede encontrar en algunas plantas como la borraja, el agaragar que se encuentran en los árboles de limón o higos incluso se ubican en algunos frutos secos como almendras o legumbres como las vainitas [29].

El mucílago de algarrobo es una sustancia que está contenida dentro de la algarroba, el cual ayuda a tener actividad hipoglucemiante y aporta energía durante períodos de tiempo prolongados. Crece en suelos de baja fertilidad con presencia de clima caluroso, el cual se pretende emplear para la estabilización de las piezas de adobe frente a la acción del agua y mejorar así su comportamiento frente a la humedad.

## 5.- Normativa empleada

- N.T.P. 339.134 (ASTM D 2487) Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS)

Norma Técnica Peruana [31] dice que, al clasificar los suelos, después de haberlos visualizados y pasado por los diferentes ensayos, se le asigna una “s” como símbolo y nombre del grupo.

- N.T.P. 339.150 (ASTM D 2488) Descripción e identificación de suelos (Procedimiento visual-manual)

La norma indica los procesos para la descripción e identificación de suelos [32].

- N.T.P. 339.162 (ASTM D 420) Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción

La Norma Técnica Peruana [33] expresa que, se establece el método adecuado por el cual se determina las condiciones de suelo, roca y aguas subterráneas.

- N.T.P. 339.127 (ASTM D 2216) Contenido de Humedad

La Norma Técnica Peruana [34] establece el método a emplear para realizar el ensayo que determinará el contenido de humedad.

- N.T.P. 339.128 (ASTM D 422) Análisis Granulométrico

La Norma Técnica Peruana [35] establece el método adecuado para determinar, mediante un ensayo por tamizado, el análisis granulométrico y también se puede determinar la sedimentación del suelo a estudiar.

- N.T.P. 339.129 (ASTM D 4318) Límite Líquido y Límite Plástico

La Norma Técnica Peruana [36] dice que se establece, para una muestra de suelo, el método para determinar el límite líquido, límite plástico y el índice plástico, mediante los ensayos correspondientes.

- N.T.P. 339.134 (ASTM D 2487) Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)

La Norma Técnica Peruana [37] dice que, se establece el ensayo por el cual se clasifica de manera precisa los suelos minerales y orgánicos minerales.

- N.T.P. 400.017 (ASTM C 29) Peso unitario del agregado

La Norma Técnica Peruana [38] dice que, se establece el ensayo por el cual se determinan los pesos unitarios tanto sueltos como compactados de los agregados.

- NTE E.080 Norma Técnica de Edificaciones NTE E.080

Norma Técnica Peruana [9] firma que, en albañilería se utiliza ensayos de los ladrillos de arcilla cocida y procedimiento para el muestreo.

## **Materiales y métodos**

### **1.- Tipo y nivel de investigación**

#### -Tipo de investigación

Esta investigación se considera de tipo Experimental, ya que, es aquella que se encarga de verificar su hipótesis mediante la manipulación de sus variables y determinar la relación causa-efecto de ello [42].

Por ello, esta propuesta de tesis se considera experimental, ya que, realizará la manipulación del mucílago de algarrobo con el fin de generar un efecto en las unidades de adobe, obteniendo así unas características o propiedades modificadas en favor de estas unidades, permitiendo su estabilización y así la obtención de mejores propiedades. Se realizará el estudio de los porcentajes de adición en un 2%, 4% y 6% de mucílago de algarrobo y serán comparadas con los adobes convencionales sin adición.

#### -Nivel de investigación

Esta investigación se considera que es aquella que presenta un nivel predictivo, ya que, según Hernández [43], se va a predecir cómo se va a comportar el adobe con la incorporación del aditivo que mejora sus propiedades de resistencia frente a las propiedades del adobe convencional o tradicional. Asimismo, se considera una investigación aplicada porque este nuevo producto se podría aplicar en futuras construcciones de sector rural, ya que, se encarga de realizar un detalle de manera minuciosa del comportamiento del suelo y del adobe, para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del adobe convencional y del modificado

### **2.- Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es considerado un diseño experimental, ya que, para demostrar las hipótesis, evalúa su comportamiento mediante un esquema lógico [42]. Como se detalla a continuación.

Se manipulan las variables independientes y dependientes.

A= Variable independiente (Mucílago de algarrobo en 2%, 4% y 6%)

B= Variable dependiente (Propiedades del adobe)

*1er experimento:*

$X_1 \rightarrow Y_1$  (Al aparecer las causas  $X_1$  aparecerá un efecto en  $Y_1$ ).

*2do experimento:*

$X_2 \rightarrow Y_1$  (Al aparecer las causas  $X_2$  aparecerá un efecto en  $Y_1$ ).

*3er experimento:*

$X_3 \rightarrow Y_1$  (Al aparecer las causas  $X_3$  aparecerá un efecto en  $Y_1$ ).

### **3.- Población, muestra y muestreo**

Se conoce como población a un conjunto de elementos que son encuestados o evaluados y que tienen características similares, pero el conjunto incluye todos estos elementos[42]. En este estudio se plantea como población las unidades de adobe convencional y los estabilizados con aditivos vegetales para mejorar sus propiedades.

Se considera que la muestra de estudio en una investigación es una población más pequeña de sujetos, con el objetivo de elaborar un estudio más completo de un número determinado de sujetos[42]. De esta manera, en esta investigación los adobes son la muestra de estudio tanto los adobes convencionales sin adición y los adobes con incorporación de 2%, 4% y 6% de mucílago de algarrobo.

Según [42], el muestreo es no probabilístico, ya que no es posible calcular un error estándar específico, es decir estas muestras dependen de las causas que el investigador plantee conveniente considerar o exponer a las muestras más no de la probabilidad no dependen de la probabilidad. Como es el caso en esta investigación, se considera como muestreo a los adobes que serán evaluados mediante ensayos normados y en cuanto a su cantidad lo mínimo para realizar un promedio de sus resistencias y así esta resulte de manera confiable.

### **4.- Criterios de selección**

Los criterios de inclusión y exclusión considerados en este estudio como criterios de selección se describen detalladamente a continuación:

- Se consideró el estudio del comportamiento del adobe mejorado con la añadidura de mucílago de algarrobo en la ciudad de Lambayeque.
- Se planteó sólo el estudio de tres dosificaciones elegidas de estudio.
- Se realizó un estudio previo de la tierra utilizada para la elaboración de adobe, evaluando sus propiedades físicas para determinar si es el material adecuado
- Se realizó el estudio de las propiedades físicas del adobe convencional y el adobe mejorado con la adición de mucílago de algarrobo (peso, variación dimensional y succión).
- Se realizó el estudio de las características mecánicas del adobe mejorado con la adición de mucílago de algarrobo y el convencional.

## 5.- Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de Variables

<b>Variables de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Variable Independiente (VI): Mucílago de algarrobo</b>	Componente presente en las semillas de algarroba aptas a desenvolverse en lugares con clima caluroso y seco y en terrenos de baja fertilidad[44].	El mucílago de algarrobo es un aditivo natural que permite brindar grandes beneficios a un material como el adobe en su estabilización en ciertos porcentajes de adición.	Mucílago de algarrobo	2% mucílago de algarrobo	% en peso	Balanza electrónica
				4% mucílago de algarrobo	% en peso	Balanza electrónica
				6% mucílago de algarrobo	% en peso	Balanza electrónica
<b>Variable Dependiente (VD): Propiedades del adobe</b>	Las propiedades del adobe son características que representa a este material en cuanto a su absorción, resistencias, entre otros [45]	Las características mecánicas y físicas del adobe son aquellas características que logran ser identificadas en relación con su	Propiedades físicas	Variación dimensional	mm	Pie de rey
				Succión	gr/min	Ensayo de succión
				Resistencia a compresión de unidades	Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo de resistencia a la compresión

		calidad de este material.	Propiedades mecánicas del adobe	Resistencia a la compresión de pilas	Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo de resistencia a la compresión
				Resistencia a la tracción de muretes	Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo de resistencia a la tracción
				Tiempo de volteo de muros a escala real	Minutos / Horas	Inundación simulada en pozas de agua
<b>Variable Interviniente (VII): Propiedades del suelo</b>	Las características del suelo son consideradas son aquellas condiciones o características que pueden presentar en su representación de este material de construcción [21]	Las propiedades consideradas para el desarrollo de esta investigación son los límites de consistencia la granulometría y contenido de humedad,	Propiedades del suelo	Granulometría	mm, pulg.	Ensayo de granulometría
				Límites de consistencia	%	Ensayo de límites de atterberg
				Contenido de humedad	%	Ensayo de contenido de humedad

	para así obtener su clasificación del suelo.		Peso Unitario Seco	Kg/m <sup>3</sup>	Ensayo de Peso Unitario Seco
			Peso Unitario Compactado	Kg/m <sup>3</sup>	Ensayo de Peso Unitario Compactado

Fuente: Elaboración propia.

## **6.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### -Técnicas

A continuación, se exponen las técnicas e instrumentos de recolección de información considerados en este estudio.

Observación: Observación de las variables en su entorno natural, esta técnica se considera como aquella que permite la recolección de diversos datos para resolver un problema concreto de manera directa.

Ensayos de laboratorio: Estas técnicas tienen como finalidad manipular la variable independiente para generar un efecto en el comportamiento que presentan las variables dependientes y poder realizar la medición necesaria de ello bajo el cumplimiento de normativa existente.

Análisis de contenido. Esta técnica consiste en la recolección de toda la información relevante para el estudio, como libros, normativa vigente, revistas, estudios científicos y otros documentos que aporten base y fiabilidad.

### -Instrumentos

En cuanto a los instrumentos para el desarrollo de las técnicas consideradas:

Ficha de observación: Es un instrumento, donde se pueden registrar las características generales de los adobes, como forma, dimensiones, colores, etc.

Formatos de laboratorio: Estos son aquellos instrumentos que permiten la recopilación de información obtenida en cada ensayo con el objetivo de determinar las características del adobe convencional y adobe modificado con la adición de mucílago de algarrobo.

Fichas bibliográficas: Esta técnica permite registrar toda la data de cada documento utilizado como guía o material de apoyo para este estudio.

### -Procedimiento de recolección de datos

#### **-Ensayos de laboratorio**

##### **Suelo**

##### **a) Pruebas in situ**

##### **Prueba del rollo o prueba de plasticidad.**

Esta prueba está orientada a determinar la pertinencia del suelo para la fabricación de adobe y se realiza antes de los ensayos propiamente dichos.

### Prueba del rollo o prueba de plasticidad.

Consiste en formar un cilindro con la tierra humedecida haciendo un movimiento de fricción mediante la frotación de las manos, hasta lograr formar un cilindro con un diámetro de 2cm. En este caso de la longitud del rollo debe encontrarse entre 5 cm – 15 cm. Por otra parte, si el cilindro conformado tiene una longitud entre 5cm a 15cm, indicará que el material posee un porcentaje de arena y arcilla apropiado para la elaboración de los adobes; por el contrario, si este cilindro evidencia fisuras anteriores a los 5cm, es preciso agregar más proporciones de arcilla y si llega a los 15 cm se requeriría añadir más arena [46].

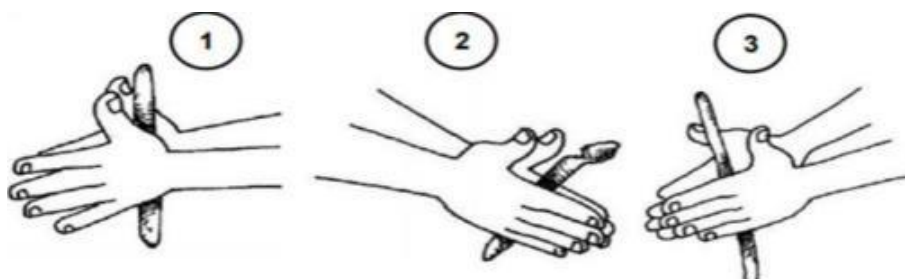


Figura 2. Resultados de la prueba de bola

Fuente: [47].

### Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”

Mediante esta prueba se concluye si el adobe final tendrá buena resistencia, esto se determina mediante la realización de una bolita de la muestra del estrato a emplear, con un diámetro de 2 cm, la cual se pone a secar en sombra durante 2 días, al culminar ese tiempo se debe recoger e intentar romperlo con el pulgar, si se rompe con el pulgar es indicio de que se tiene la presencia adecuada de arcilla, por otro lado si se rompe con facilidad al cogerla, nos indica que la resistencia es escasa [9].



Figura 3. Resultados de la prueba de bola

Fuente: [47].

## **b) Granulometría**

Mediante este ensayo se determina la composición conformada según el tamaño de un volumen agregado. La norma aplicada es la NTP 339.128 y es aplicada para el análisis del suelo.

Asimismo, este ensayo separa por tamaños las partículas finas y gruesas que conforman la muestra de suelo.

### **Instrumentos**

Un cucharón.

La malla N°200, para el lavado del suelo que pasó la malla N°4.

Unas charolas de aluminio.

Una balanza con aproximación a 0.1gr.

Un horno o estufa.

Una espátula y vidrio de reloj.

Un juego de mallas (comúnmente se utilizan: 3'', 2'', 1'', ¾'', ½'', 3/8'', N°04, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y la Charola).

Un partidor de muestras o cuarteador

Un vaso de aluminio.

Unas charolas rectangulares de 40 \* 60cm.

Un alambrcn de 5mm de diámetro, con punta redondeada.

## **c) Límites de consistencia**

Los límites de Atterberg, fue aquel procedimiento que ha demostrado que la plasticidad no es una propiedad continua de la superficie terrestre, sino que está condicionado por el contenido de líquido. Así mismo el suelo, puede tener los siguientes estados básicos: líquido, que conserva el aspecto y las propiedades de un bloque macizo suspendido; semilíquido, que conserva las características de un líquido viscoso; que conserva su comportamiento maleable; semisólido, que muestra una reducción de volumen y el aspecto de un sólido; y sólido, que no muestra ningún cambio de volumen según el contenido de agua.

Para su realización se utiliza la norma NTP 339.129 y fue empleada para obtener el índice de plasticidad del suelo para lo cual se debe realizar el siguiente cálculo.

$$IP=LL-LP.$$

LP= Límite Plástico

LL= Límite líquido

$IP$  = Índice de plasticidad

### **Instrumentos**

Agua.

Malla N°40.

Un calibrador Vernier.

Una placa de vidrio.

Una espátula.

Una balanza con aproximación de 0.01 gramos.

Copa de Casagrande.

Un ranurador laminar o ranurador curvo.

Un horno.

### **d) Contenido de humedad**

Esta prueba es determinar la cantidad de material (Kg) que puede contener un volumen por metro cúbico, con las partículas contenidas adecuadamente. Este ensayo se basa en la norma NTP 339.127.

Para obtener el contenido de humedad a 15, 25 y 35 golpes en el límite líquido.

$$W\% = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

$W_s$  = peso de la muestra seca (gr)

$W_h$  = peso de la muestra húmeda (gr)

### **Instrumentos**

Tara.

Un horno.

Balanza de 1 kg aproximadamente.

Franela.

Cuchillo.

### e) **Peso Unitario**

Consiste en determinar la masa (en términos de volumen o densidad) y los huecos del agregado. Varía según los estándares o parámetros internos del material o agregado, como la granularidad, la forma o las dimensiones mayores. La norma empleada es la NTP 400.017:2013.

#### **Instrumentos**

- Un recipiente metálico
- Una varilla de acero
- Una balanza con aproximación a 0.1 gr.
- Un cucharón o pala.
- Una regla

-Peso Unitario Suelto

$$\text{PUS} = f * W_s$$

Donde:

$W_s$  = Peso de la muestra suelta

$f$  = Factor de calibración determinado para el recipiente

PUS = Peso Unitario Suelto (kg/m<sup>3</sup>)

1. Con una pala o cucharón metálico se llena el recipiente hasta rebosar, sin producir presión, desde una altura que no supere los 50 mm arriba de la zona superior de dicho dispositivo.
2. Lo que sobra del agregado se desecha mediante una regla.
3. Se calcula, en el recipiente, el peso neto del material o agregado.
4. Finalmente, se determina el peso unitario suelto mediante el producto del peso neto con el factor que se ha encontrado respecto a la calibración.

-Peso Unitario Compactado

$$\text{PUC} = f * W_c$$

Donde:

$W_c$  = Peso de la muestra compactada (kg)

$f$  = Factor de calibración determinado para el recipiente

PUC = Peso Unitario Compactado (kg/m<sup>3</sup>)

1. Se colma la vasija, en su tercera parte, y se procede a nivelar, con la mano, la superficie.

2. A través de 25 golpes uniformemente distribuidos con la varilla compactadora, se aplana la masa.
3. Se colma hasta las dos terceras partes de lo que se prevé necesario y se llega a compactar nuevamente con 25 golpes.
4. La medida se llena hasta que rebose y se compacta, mediante la barra 25 veces.
5. Lo que sobra del agregado se desecha mediante la ya mencionada varilla como forma de regla.
6. Se calcula, en el recipiente, el peso neto del material o agregado.
7. Finalmente, se determina el peso unitario compactado mediante el producto del peso neto con el factor que se ha encontrado respecto a la calibración.

#### **f) Variación dimensional**

Consiste en observar si las unidades manifiestan dimensiones variadas respecto a las nominales.

#### **Instrumentos**

- Pie de Rey
- Brocha

1. Se identifican los especímenes uno por uno
2. Se hace la limpieza de los especímenes empleando una brocha
3. Se miden las distancias respecto a los puntos medios de las aristas del tipo opuestas por medio de la regla de acero graduada.
4. Se anotan las 4 medidas de cada espécimen: altura, longitud y ancho y se obtiene el promedio para determinar la variación en porcentaje de una con respecto a otra.

#### **g) Succión**

Se selecciona un intervalo de 1 min +-1 seg en un área de contacto de 200cm<sup>2</sup> para determinar el índice de absorción de las piezas de adobe seleccionadas y la cantidad de agua absorbida por cada elemento. La normativa empleada es la NTP 399.604 y NTP 399.614.

#### **Instrumentos**

- Una bandeja plana
- Soportes metálicos (Barras de acero)

-Balanza con precisión de 0.5g.

1. Se secan las unidades a una temperatura alrededor de los 100°C en las primeras 24 horas en un horno.
2. Se toman las medidas de la cara de la pieza al tener contacto con el líquido, para luego pesar dichas unidades en la balanza.
3. Se ubica sobre una superficie nivelada y limpia la bandeja
4. Encima de las bandejas seleccionadas, poner los soportes metálicos
5. Para mantener el nivel del agua de forma constante, añadir dicho recurso continuamente.
6. Se coloca el espécimen encima de los soportes alrededor de 60 segundos.
7. Se separa el espécimen y se retira el agua que queda superficialmente con la ayuda de un trapo húmedo.
8. Se calcula la succión de la relación de pesos en el estado tanto inicial como final del espécimen analizado.

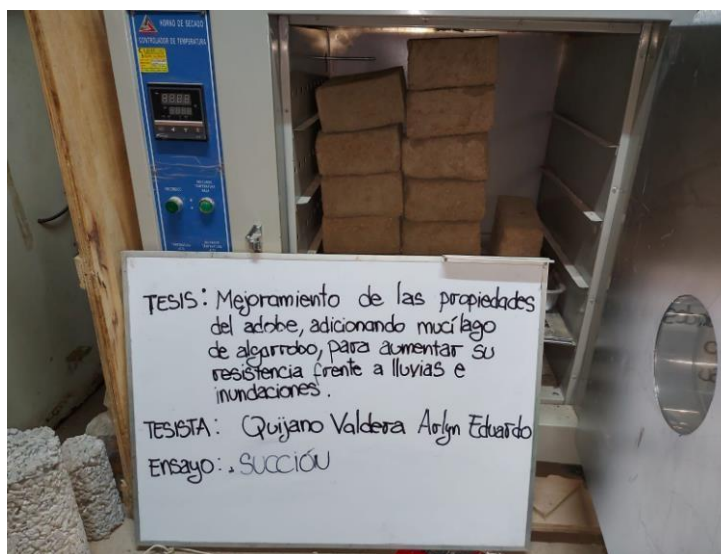


Figura 4. Ensayo de Succión

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Ensayo de Succión

Fuente: Elaboración propia

#### **h) Resistencia a la compresión de unidades**

Consiste en determinar la presencia de arcilla suficiente y comprobar que el suelo utilizado no contiene materia orgánica perjudicial para obtener el comportamiento a la compresión y su factor de resistencia que debe ser igual o superior a  $10,2 \text{ kg/cm}^2$  según la normativa. La normativa empleada es la Norma E.080.

#### **Instrumentos**

- Máquina compresora
- Badilejo
- Regla metálica
- Arenilla
- Yeso
- Brocha

1. Se identifican los especímenes uno por uno y se les limpia por medio de una brocha
2. Definir las medidas de ancho y largo de cada pieza respecto a las caras tanto inferior como superior.

3. Se coloca la cobertura para que la superficie se uniformiza y aplicar una carga que sea perpendicular a la superficie
4. Se registra la aplicación de la máxima carga.

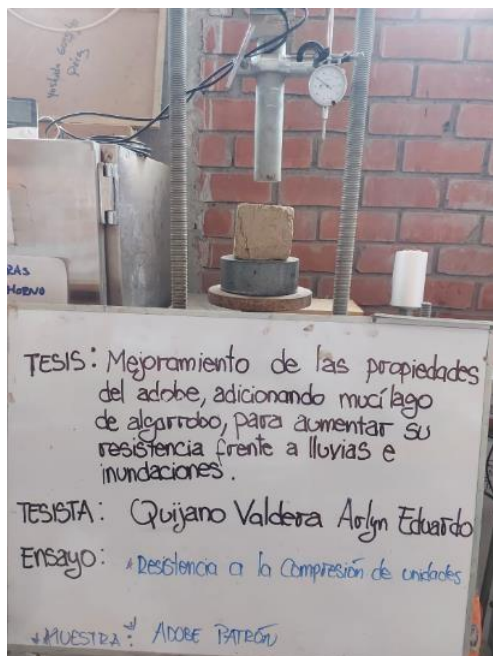


Figura 6. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Adobe Patrón

Fuente: Elaboración propia

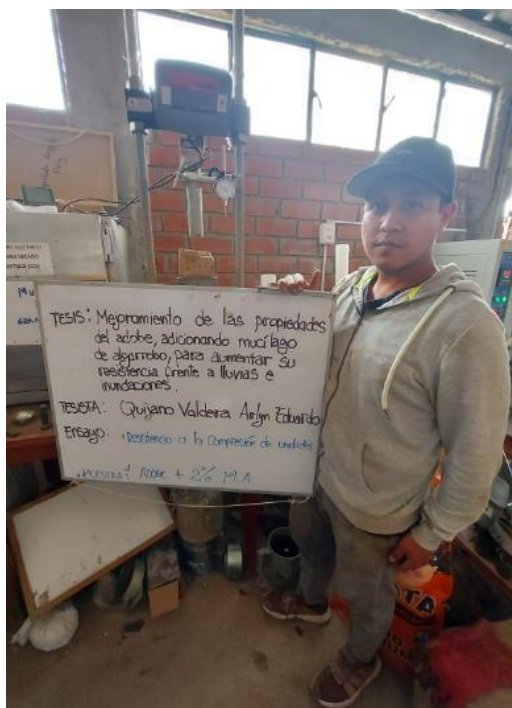


Figura 7. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Adobe + 2% M.A

Fuente: Elaboración propia

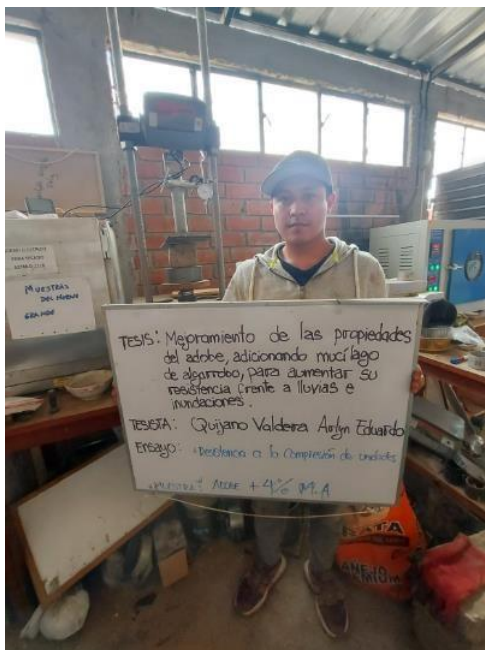


Figura 8. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Adobe + 4% M.A

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de Adobe + 6% M.A

Fuente: Elaboración propia

### **i) Resistencia a la compresión de pilas**

Consiste en determinar el comportamiento a la compresión y su factor de resistencia característica ( $f_m$ ) del muro de adobe. La norma específica establece que la correspondencia entre la altura y las dimensiones mínimas de la base debe ser de 3. Asimismo, la última resistencia que se debe alcanzar en un muro de adobe sería de 6,12 kg/cm<sup>2</sup>. La normativa empleada es la Norma E.080.

#### **Instrumentos**

- Máquina compresora
- Badilejo
- Regla metálica
- Arenilla
- Yeso
- Brocha
- Plomada
- Batea

1. Se identifican los especímenes uno por uno y se les limpia por medio de una brocha
2. Se elaboran las pilas de adobe tomando en cuenta que su verticalidad se vea asegurada.
3. Se hace que la pila seque hasta que llegan a los 28 días de edad.
4. Se ensaya y se analizan los resultados obtenidos.



Figura 10. Elaboración de pilas

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas de Adobe Patrón

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo

Fuente: Elaboración propia

#### **j) Resistencia a la tracción de muretes (compresión diagonal)**

Para obtener la resistencia a tracción de muretes, debe medirse la resistencia a la tracción (f't) de la pared intermedia para garantizar que la media de las mayores resistencias de las muestras supere la resistencia límite tras 28 días de secado. La resistencia límite que debe alcanzarse es de  $0,025 \text{ MPa} = 0,25 \text{ kg/cm}^2$ . La normativa empleada es la Norma E.080.

#### **Instrumentos**

- Máquina compresora
- Badilejo
- Regla metálica
- Arenilla
- Yeso
- Brocha
- Plomada
- Batea

1. Se identifican los especímenes uno por uno y se les limpia por medio de una brocha
2. Se elaboran los muretes de adobe tomando en cuenta que su verticalidad se vea asegurada.
3. Se hace que la pila seque hasta que llegan a los 28 días de edad.
4. Se ensaya y se analizan los resultados obtenidos.



Figura 15. Elaboración de muretes

Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Ensayo de Resistencia a la tracción de muretes de Adobe Patrón

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Ensayo de Resistencia a la tracción de muretes de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Ensayo de Resistencia a la tracción de muretes de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo

Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Ensayo de Resistencia a la tracción de muretes de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo

Fuente: Elaboración propia

### k) Inundación simulada

Consiste en determinar la resistencia a la inundación, de esta manera se obtendrá una diferencia de tiempo que estaría soportando tanto el muro patrón como los muros con adición de mucílago de algarrobo, por lo que se siguen metodologías propuestas por distintos autores como San Bartolomé.

#### Instrumentos

- Batea
- Plomada
- Badilejo
- Depósitos de agua

1. Se empleará un canal sin refuerzo y tarrajado sus paredes internas.
2. El canal se dividirá en distintos tipos de segmentos impermeabilizantes
3. Se elaborarán muros por separado de acuerdo con el tipo de material
4. Se dejan secar a humedad ambiente los muros elaborados por un tiempo de 28 días.
5. Se realiza la inundación de dichos segmentos en forma simultánea considerando que el llenado sea de manera constante y rápida.

6. Se obtienen los resultados finales respecto al tiempo que resisten cada tipo de muro analizado a las inundaciones.



Figura 20. Elaboración de canales sin refuerzo

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Impermeabilización de canales

Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Ensayo de Inundación simulada de Adobe Patrón

Fuente: Elaboración propia



Figura 23. Ensayo de Inundación simulada de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Ensayo de Inundación simulada de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo  
Fuente: Elaboración propia



Figura 25. Ensayo de Inundación simulada de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo  
Fuente: Elaboración propia

### **-Proceso de obtención del mucílago del algarrobo**

Para la extracción del mucílago de algarrobo se tomó en cuenta el siguiente procedimiento: Se obtuvo una cantidad de algarrobo, el cual mediante un proceso de selección se llegó a extraer la semilla de las vainas, posteriormente se procedió a un calentamiento de estas semillas para luego dejarlas remojando y separarlas, toda la cantidad obtenida se secó a temperatura ambiente, para posteriormente realizar una molienda de toda la muestra y el polvo obtenido se pasó por la malla #200 para finalmente obtener el mucílago de algarrobo en polvo.

Este polvo obtenido tiene un color medio amarillento, y se disuelve con facilidad en agua a cualquier temperatura, de esta manera se obtiene un fluido viscoso que se reconoce como el mucílago.

Este polvo se mezcló en una proporción de 5 gramos por cada litro de agua, de esta manera se obtenía una mezcla trabajable y viscosa.



Figura 26. Resultado de mucílago de algarrobo

Fuente: Elaboración propia

### **-Proceso de elaboración del adobe**

Para este proceso se utilizó tierra de Lambayeque, la misma tierra con la que se realizaron los primeros ensayos de obtención de propiedades del suelo.

La producción de los adobes fue realizada por una persona con gran experiencia en este tipo de trabajo. El número total de unidades realizadas para las pruebas correspondientes fue de 1.600, de las cuales 400 unidades fueron para cada uno de los conjuntos dados en este estudio.

El procedimiento es el siguiente, el primer día se debe remojar la tierra para que de esta manera sea trabajable, para el adobe patrón no se hizo el uso del agua combinada con el estabilizante, después se procede a la mezclar con pajilla de arroz, ya que de esta manera ayuda a una mejor adherencia de la tierra y en su trabajabilidad, al día siguiente después de verificar que la mezcla se encuentra en un punto trabajable , se procede a colocar la cantidad suficiente en las gaveras para así luego dejarlas secar.

Para la fabricación del adobe con mucílago de algarrobo, se realizó los mismos pasos mencionados anteriormente, sin embargo, el agua fue mezclada con el estabilizante en las proporciones dadas como parte de los objetivos, en un 2%, 4% y 6%.

Esta mezcla del estabilizante con agua se realizó en una proporción del agua utilizada diariamente en la fabricación del adobe, de manera diaria se usó un total de 600 litros de agua, esta cantidad fue medida con baldes en los cuales anteriormente se marcó el límite de 15 litros en cada uno, así al momento de llenado se pudo contabilizar los 600 litros de agua utilizados.

Para el adobe patrón se usó un total de 600 litros de agua pura, para el adobe con adición de 2% se utilizó 588 litros de agua y 12 litros de agua mezclada con mucílago, para el adobe con 4%, 576 litros de agua y 24 litros de agua mezclada con mucílago, para el adobe con 6%, 564 litros de agua y 36 litros de agua mezclada con mucílago.



Figura 27. Proceso de elaboración del adobe

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Proceso de elaboración del adobe adicionando mucílago del algarrobo

Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Proceso de elaboración del adobe adicionando mucílago del algarrobo

Fuente: Elaboración propia



Figura 30. Colocación de adobe en gaveras

Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Secado de adobe a la intemperie

Fuente: Elaboración propia



Figura 32. Transporte de las unidades de adobe

Fuente: Elaboración propia

## 7.- Matriz de Consistencia

Tabla 2. Matriz de consistencia

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Instrumento</b>
¿De qué manera influye la adición de mucílago de algarrobo en la resistencia del adobe estabilizado ante efectos de lluvias e inundaciones?	<b>General</b>	Variable Independiente (VI): Mucílago de algarrobo	Mucílago de algarrobo	2% mucílago de algarrobo	% en peso	Balanza electrónica
	Evaluar la resistencia del adobe adicionando mucílago de algarrobo para reducir los efectos de lluvias e inundaciones.			4% mucílago de algarrobo	% en peso	Balanza electrónica
				6% mucílago de algarrobo	% en peso	Balanza electrónica
<b>Hipótesis</b>	<b>Específicos</b>	Variable Dependiente (VD):	Propiedades físicas	Variación dimensional	mm	Pie de Rey
El mucílago de algarrobo influye en las	- Identificar las propiedades físicas del suelo que se emplea para la			Succión	% de agua	Ensayo de succión

características mecánicas del adobe, incrementando su resistencia ante efectos de lluvias e inundaciones	elaboración de las unidades de adobe. - Elaborar piezas de adobe convencional (patrón) y unidades de adobe estabilizado con mucílago de algarrobo (2%, 4% y 6% del peso de la muestra seca). - Determinar la absorción y permeabilidad de muretes de adobe estabilizado con adición de mucílago de algarrobo (2%, 4% y 6% del peso de la muestra seca). - Evaluar el comportamiento a compresión del adobe y su factor de resistencia en pilas de adobe estabilizado con adición de	Propiedades del adobe	Propiedades mecánicas del adobe	Resistencia a compresión de unidades	Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo de resistencia a la compresión
		Resistencia a la compresión de pilas		Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo de resistencia a la compresión	
		Resistencia a la tracción de muretes		Kg/cm <sup>2</sup>	Ensayo de resistencia a la tracción	
		Tiempo de volteo de muros a escala real		Minutos / Horas	Inundación simulada en pozas de agua	
		Variable Interviniente (VII): Propiedades del suelo	Propiedades del suelo	Granulometría	mm, pulg.	Ensayo de granulometría
				Límites de consistencia	%	Ensayo de límites de atterberg
				Contenido de humedad	%	Ensayo de contenido de humedad

	<p>mucílago de algarrobo frente a lluvias e inundaciones.</p> <p>- Evaluar el impacto ambiental de la elaboración de adobe tradicional y adobe con adición de mucílago de algarrobo.</p>			<p>Peso Unitario Seco</p>	<p>Kg/m<sup>3</sup></p>	<p>Ensayo de Peso Unitario Seco</p>
				<p>Peso Unitario Compactado</p>	<p>Kg/m<sup>3</sup></p>	<p>Ensayo de Peso Unitario Compactado</p>

## **8.- Consideraciones Éticas**

Esta investigación se considera de suma importancia, ya que, cumple con todas las consideraciones y lineamientos normativos del correcto citado internacional IEEE, con el fin de garantizar una propuesta de investigación totalmente propia, así como demostrar el respeto de las ideas y aportes de terceros. Asimismo, esta propuesta de tesis brinda información real, con total originalidad y veracidad, en la cual se garantiza no haber manipulado ni alterado los datos obtenidos tanto en laboratorio como en gabinete, con el fin de brindar una alternativa eficiente para la construcción de viviendas de adobe ante épocas de intensas lluvias, aportando así una gran oportunidad económica para poblaciones de bajos recursos.

## Resultados y discusión

### 1.- Resultados

#### a) Propiedades del suelo

##### -Peso Unitario

Es un ensayo que determina el peso por unidad de volumen del material a granel en midiendo las condiciones de humedad y compactación durante el ensayo.

##### -Peso Unitario Suelto

Tabla 3. Peso Unitario Suelto

		A	B	C
01.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(kg.)	26.490	26.620	26.470
02.- Peso del recipiente	(kg.)	8.370	8.370	8.370
03.- Peso de muestra (01-02)	(kg.)	18.120	18.250	18.100
04.- Constante o Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.0141	0.0141	0.0141
05.- Peso unitario suelto húmedo 03/04	(gr./cm <sup>3</sup> )	1.286	1.295	1.284
06.- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(gr./cm <sup>3</sup> )	<b>1.288</b>		
07.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(gr./cm <sup>3</sup> )	<b>1.223</b>		

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que para la muestra el Peso unitario suelto del suelo húmedo es de 1.288 gr./cm<sup>3</sup> y el peso unitario de suelo seco es de 1.223 gr./cm<sup>3</sup>.

##### -Peso Unitario Compactado

Tabla 4. Peso Unitario Compactado

08.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(kg.)	28.550	28.700	28.660
09.- Peso del recipiente	(kg.)	8.370	8.370	8.370
10.- Peso de muestra	(kg.)	20.180	20.330	20.290
11.- Constante o Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.0141	0.0141	0.0141
12.- Peso unitario suelto húmedo	(gr./cm <sup>3</sup> )	1.432	1.442	1.439
13.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(gr./cm <sup>3</sup> )	<b>1.438</b>		
14.- Peso unitario seco compactado (Promedio)	(gr./cm <sup>3</sup> )	<b>1.365</b>		

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que para la muestra el Peso unitario compactado del suelo húmedo es de 1.438 gr./cm<sup>3</sup> y el peso unitario compactado seco es de 1.365 gr./cm<sup>3</sup>.

### -Ensayo de Granulometría

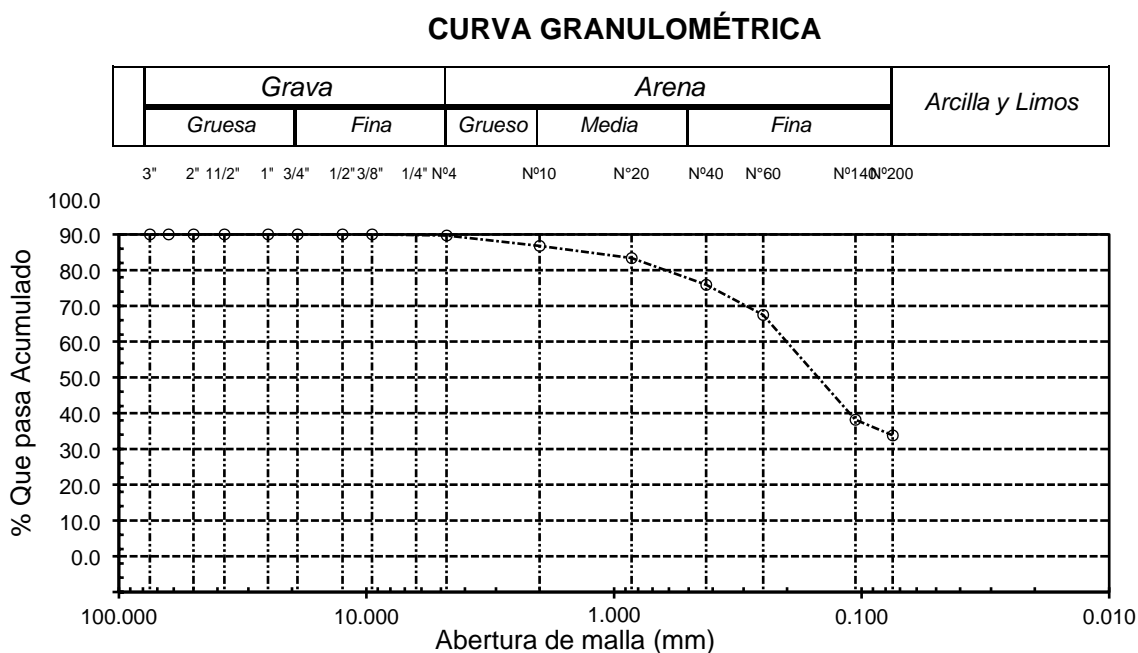
Se lleva a cabo para conocer la distribución de las partículas del suelo.

Tabla 5. Granulometría

<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>				
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados		Requerimiento Granulométrico
		Retenido	Que pasa	
3"	75.000	0.0	100.0	
2"	50.000	0.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	
1"	25.000	0.0	100.0	
3/4"	19.000	0.0	100.0	
1/2"	12.500	0.0	100.0	
3/8"	9.500	0.0	100.0	
N <sup>a</sup> 4	4.750	0.3	99.7	
N <sup>a</sup> 10	2.000	3.2	96.8	
N <sup>a</sup> 20	0.850	6.6	93.4	
N <sup>o</sup> 40	0.425	14.1	85.9	
N <sup>o</sup> 60	0.250	22.5	77.5	
N <sup>a</sup> 140	0.106	51.8	48.2	
N <sup>o</sup> 200	0.075	56.2	43.8	
<b>Distribución granulométrica</b>				
% Grava	G.G. %	0.0	0.3	
	G. F %	0.3		
% Arena	A.G %	2.9	55.9	
	A.M %	10.9		
	A.F %	42.1		
% Arcilla y Limo		43.8	43.8	
<b>Total</b>			<b>100.0</b>	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, se muestran los porcentajes de la muestra que pasa por sus respectivos tamices. Asimismo, se hace una comparación entre la distribución granulométrica de acuerdo con la fineza que se presenta, es decir, se clasifica al suelo según el tamaño de las partículas; teniendo que lo que más se encuentra es el porcentaje de arenas con 55.9%; seguido del porcentaje de arcillas y limos con 43.8 %; mientras que respecto a las gravas se encuentra un porcentaje mínimo de 0.3%.



Fuente: Elaboración propia

Mediante el ensayo granulométrico, se ha calculado la composición granulométrica que tiene el suelo de Lambayeque, este ensayo se realiza con el fin de conocer el tipo de suelo con el que se está trabajando, para ello se hizo el uso de tamices, para tener como resultado el peso retenido, y el % de materiales que contiene.

#### -Límites de Consistencia

Se realiza el ensayo de límites para determinar el Límite Líquido y el Límite Plástico, para identificar que tan cohesiva es la muestra y que tanta humedad tiene.

Tabla 6. Límite Líquido y Límite Plástico

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	D	Z-3	A-3	-
N° de golpes	30	25	15	
Tarro + suelo húmedo	24.16	30.82	38.08	28.15
Tarro + suelo seco	22.43	28,6	34.32	27.49
Agua	1.73	2.22	3.76	0.66
Peso del tarro	16.84	21.6	23.27	22.87
Peso del suelo seco	5.59	7	11.05	4.62
Porcentaje de humedad	30.95	31.71	34.03	14.29

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Consistencia física de la muestra

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	31.74 (%)
Límite Plástico	14.29 (%)
Índice de Plasticidad	17.46 (%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, se encuentra los resultados obtenidos de los límites de Atterberg para la muestra, en donde se determinó un límite líquido del 31.74%, a los 25 golpes mediante la Copa de Casagrande, así como un promedio de límite plástico del 14.29%, y con esos 2 valores se puede calcular el índice de plasticidad de la muestra mediante la diferenciación, que en este caso es de 17.46%.

### **-Porcentaje de Humedad**

Se realiza este ensayo para identificar la cantidad de agua que presenta la muestra.

Tabla 8. Resultados de Porcentaje de Humedad

<b>Datos de ensayo.</b>	<b>Contenido de humedad</b>
Nº de tarro	26
Tarro + suelo húmedo	453.2
Tarro + suelo seco	432.94
Agua	20.26
Peso del tarro	51.29
Peso del suelo seco	381.65
Porcentaje de humedad	5.31

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8, se visualiza el promedio del contenido de humedad natural de la muestra analizada; llegando a tener un valor de 5.31%.

## b) Propiedades físicas del adobe

### -Variación dimensional

Se realiza este ensayo para saber si existe alguna diferencia con los adobes en relación con su longitud, ancho o espesor. Se hicieron medidas a 4 muestras de cada tipo de Adobe.

Tabla 9. Resultados de Variación dimensional

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Largo				Largo
Nº		L1	L2	L3	L4	(cm)
01	ADOBE PATRÓN	29.00	29.00	29.00	29.00	<b>29.00</b>
02	ADOBE + 2% M.A	29.00	29.00	29.00	29.00	<b>29.00</b>
03	ADOBE + 4% M.A	29.00	29.00	29.00	29.00	<b>29.00</b>
04	ADOBE + 6% M.A	29.00	29.00	29.00	29.00	<b>29.00</b>
Muestra	IDENTIFICACIÓN	Ancho				Ancho
Nº		A1	A2	A3	A4	(cm)
01	ADOBE PATRÓN	19.50	19.50	19.50	19.50	<b>19.50</b>
02	ADOBE + 2% M.A	19.50	19.50	19.50	19.50	<b>19.50</b>
03	ADOBE + 4% M.A	19.50	19.50	19.50	19.50	<b>19.50</b>
04	ADOBE + 6% M.A	19.50	19.50	19.50	19.50	<b>19.50</b>
Muestra	IDENTIFICACIÓN	Altura				Altura
Nº		T1	T2	T3	T4	(cm)
01	ADOBE PATRÓN	9.50	9.50	9.50	9.50	<b>9.50</b>
02	ADOBE + 2% M.A	9.50	9.50	9.50	9.50	<b>9.50</b>
03	ADOBE + 4% M.A	9.50	9.50	9.50	9.50	<b>9.50</b>
04	ADOBE + 6% M.A	9.50	9.50	9.50	9.50	<b>9.50</b>

Fuente: Elaboración propia

**-Succión**

Para los resultados obtenidos de la cantidad de peso después de realizar el ensayo de succión, fue necesario mantener el nivel de agua de manera constante y controlar de manera exacta el tiempo de 1 minuto como indica la norma, de esta manera se puede apreciar pérdidas o ganancias de peso.

Tabla 10. Resultados de ensayo a Succión de Adobe Patrón

<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Área</b>
<b>Nº</b>		<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(cm<sup>2</sup>)</b>
01	ADOBE PATRÓN	29.00	19.50	566
02		29.00	19.50	566
03		29.00	19.50	566
04		29.00	19.50	566
05		29.00	19.50	566
<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Muestra Seca</b>	<b>Muestra ensayada</b>	<b>Peso agua</b>
<b>Nº</b>		<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>
01	ADOBE PATRÓN	7559.00	7581.00	22.00
02		7281.00	7313.00	32.00
03		7363.00	7388.00	25.00
04		7561.00	7592.00	31.00
05		7460.00	7485.00	25.00
<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Succión</b>	<b>Succión</b>	<b>Succión Promedio</b>
<b>Nº</b>		<b>(gr/200cm<sup>2</sup>/min)</b>	<b>(%.)</b>	<b>(%.)</b>
01	ADOBE PATRÓN	7.78	0.29	<b>0.38</b>
02		11.32	0.44	
03		8.84	0.34	
04		10.96	0.41	
05		8.84	0.34	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Resultados de ensayo a Succión de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo

<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Área</b>
<b>N°</b>		<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(cm<sup>2</sup>)</b>
01	ADOBE + 2% M.A	29.00	19.50	566
02		29.00	19.50	566
03		29.00	19.50	566
04		29.00	19.50	566
05		29.00	19.50	566
<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Muestra Seca</b>	<b>Muestra ensayada</b>	<b>Peso agua</b>
<b>N°</b>		<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>
01	ADOBE + 2% M.A	7362.00	7382.00	20.00
02		7374.00	7386.00	12.00
03		7221.00	7238.00	17.00
04		7460.00	7485.00	25.00
05		7218.00	7235.00	17.00
<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Succión</b>	<b>Succión</b>	<b>Succión Promedio</b>
<b>N°</b>		<b>(gr/200cm<sup>2</sup>/min)</b>	<b>(%.)</b>	<b>(%.)</b>
01	ADOBE + 2% M.A	7.07	0.27	<b>0.24</b>
02		4.24	0.16	
03		6.01	0.24	
04		8.84	0.34	
05		6.01	0.24	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Resultados de ensayo a Succión de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo

Muestra	Descripción de la unidad	Largo	Ancho	Área
Nº		(cm)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )
01	ADOBE + 4% M.A	29.00	19.50	566
02		29.00	19.50	566
03		29.00	19.50	566
04		29.00	19.50	566
05		29.00	19.50	566
Muestra	Descripción de la unidad	Muestra Seca	Muestra ensayada	Peso agua
Nº		(gr)	(gr)	(gr)
01	ADOBE + 4% M.A	6986.00	7001.00	15.00
02		7073.00	7085.00	12.00
03		7046.00	7064.00	18.00
04		7082.00	7093.00	11.00
05		7054.00	7069.00	15.00
Muestra	Descripción de la unidad	Succión	Succión	Succión Promedio
Nº		(gr/200cm <sup>2</sup> /min)	(%. )	(%. )
01	ADOBE + 4% M.A	5.31	0.21	<b>0.20</b>
02		4.24	0.17	
03		6.37	0.26	
04		3.89	0.16	
05		5.31	0.21	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Resultados de ensayo a Succión de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo

<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Área</b>
<b>N°</b>		<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(cm<sup>2</sup>)</b>
01	ADOBE + 6% M.A	29.00	19.50	566
02		29.00	19.50	566
03		29.00	19.50	566
04		29.00	19.50	566
05		29.00	19.50	566
<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Muestra Seca</b>	<b>Muestra ensayada</b>	<b>Peso agua</b>
<b>N°</b>		<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>	<b>(gr)</b>
01	ADOBE + 6% M.A	7280.00	7291.00	11.00
02		7200.00	7214.00	14.00
03		7053.00	7064.00	11.00
04		7125.00	7139.00	14.00
05		7263.00	7275.00	12.00
<b>Muestra</b>	<b>Descripción de la unidad</b>	<b>Succión (gr/200cm<sup>2</sup>/min)</b>	<b>Succión</b>	<b>Succión Promedio</b>
<b>N°</b>			<b>(%. )</b>	<b>(%. )</b>
01	ADOBE + 6% M.A	3.89	0.15	<b>0.18</b>
02		4.95	0.19	
03		3.89	0.16	
04		4.95	0.20	
05		4.24	0.17	

Fuente: Elaboración propia

### c) Propiedades mecánicas del adobe

#### -Resistencia a compresión de unidades

Se ensayaron 6 especímenes de unidades de adobe, de 10cm de arista.

Tabla 14. Resultados de ensayo de Resistencia a compresión de unidades

Muestra	IDENTIFICACIÓN	L1	L2	Largo
Nº		(cm)	(cm)	(L) (cm)
01	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
02	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
03	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
04	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
05	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
06	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
Muestra	IDENTIFICACIÓN	A1	A2	Ancho
Nº		(cm)	(cm)	(A) (cm)
01	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
02	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
03	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
04	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
05	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
06	ADOBE PATRÓN	10.0	10.0	10.0
Muestra	IDENTIFICACIÓN	Área	Carga	Resistencia
Nº		Cm <sup>2</sup>	(Kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	ADOBE PATRÓN	100	882.5	8.8
02	ADOBE PATRÓN	100	898	9.0
03	ADOBE PATRÓN	100	667	6.7
04	ADOBE PATRÓN	100	696	7.0
05	ADOBE PATRÓN	100	685	6.9
06	ADOBE PATRÓN	100	895	9.0
RESISTENCIA PROMEDIO				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resultados de ensayo de Resistencia a compresión de unidades

Muestra	IDENTIFICACIÓN	L1	L2	Largo
N°		(cm)	(cm)	(L) (cm)
01	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
02	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
03	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
04	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
05	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
06	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
Muestra	IDENTIFICACIÓN	A1	A2	Ancho
N°		(cm)	(cm)	(A) (cm)
01	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
02	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
03	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
04	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
05	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
06	ADOBE + 2% M.A	10.0	10.0	10.0
Muestra	IDENTIFICACIÓN	Área	Carga	Resistencia
N°		Cm <sup>2</sup>	(Kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	ADOBE + 2% M.A	100	970	9.7
02	ADOBE + 2% M.A	100	698	7.0
03	ADOBE + 2% M.A	100	675	6.8
04	ADOBE + 2% M.A	100	539	5.4
05	ADOBE + 2% M.A	100	784	7.8
06	ADOBE + 2% M.A	100	885	8.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Resultados de ensayo de Resistencia a compresión de unidades

Muestra	IDENTIFICACIÓN	L1	L2	Largo
N°		(cm)	(cm)	(L) (cm)
01	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
02	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
03	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
04	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
05	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
06	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
Muestra	IDENTIFICACIÓN	A1	A2	Ancho
N°		(cm)	(cm)	(A) (cm)
01	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
02	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
03	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
04	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
05	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
06	ADOBE + 4% M.A	10.0	10.0	10.0
Muestra	IDENTIFICACIÓN	Área	Carga	Resistencia
N°		Cm <sup>2</sup>	(Kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	ADOBE + 4% M.A	100	863	8.6
02	ADOBE + 4% M.A	100	891.5	8.9
03	ADOBE + 4% M.A	100	1047	10.5
04	ADOBE + 4% M.A	100	887	8.9
05	ADOBE + 4% M.A	100	983.5	9.8
06	ADOBE + 4% M.A	100	895	9.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Resultados de ensayo de Resistencia a compresión de unidades

Muestra	IDENTIFICACIÓN	L1	L2	Largo
N°		(cm)	(cm)	(L) (cm)
01	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
02	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
03	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
04	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
05	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
06	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
Muestra	IDENTIFICACIÓN	A1	A2	Ancho
N°		(cm)	(cm)	(A) (cm)
01	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
02	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
03	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
04	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
05	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
06	ADOBE + 6% M.A	10.0	10.0	10.0
Muestra	IDENTIFICACIÓN	Área	Carga	Resistencia
N°		Cm <sup>2</sup>	(Kgf)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	ADOBE + 6% M.A	100	810	8.1
02	ADOBE + 6% M.A	100	924	9.2
03	ADOBE + 6% M.A	100	1048	10.5
04	ADOBE + 6% M.A	100	1346	13.5
05	ADOBE + 6% M.A	100	1250	12.5
06	ADOBE + 6% M.A	100	1324	13.2

Fuente: Elaboración propia

### **-Resistencia a compresión de pilas**

Consiste en determinar el esfuerzo de compresión admisible del murete ( $f'm$ ) de adobe. La norma específica establece que la correspondencia entre la altura y las dimensiones mínimas de la base debe ser de 3. Asimismo, la última resistencia que se debe alcanzar en un muro de adobe sería de 6,12 kg/cm<sup>2</sup>.

Se están tomando en cuenta las cuatro mejores muestras de las seis muestras ensayadas.

Tabla 18. Características geométricas de pilas de Adobe Patrón

Muestra	Espesor	Longitud	Altura	Área	Altura/espesor
	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
PATRÓN -1	19.5	29	65	565.5	3.3
PATRÓN - 2	19.5	29	65	565.5	3.3
PATRÓN - 3	19.5	29	65	565.5	3.3
PATRÓN -4	19.5	29	65	565.5	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Características geométricas de pilas de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo

Muestra	Espesor	Longitud	Altura	Área	Altura/espesor
	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
2% M.A -1	19.5	29	65	565.5	3.3
2% M.A - 2	19.5	29	65	565.5	3.3
2% M.A - 3	19.5	29	65	565.5	3.3
2% M.A -4	19.5	29	65	565.5	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Características geométricas de pilas de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo

Muestra	Espesor	Longitud	Altura	Área	Altura/espesor
	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
4% M.A -1	19.5	29	65	565.5	3.3
4% M.A - 2	19.5	29	65	565.5	3.3
4% M.A - 3	19.5	29	65	565.5	3.3
2% M.A -4	19.5	29	65	565.5	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Características geométricas de pilas de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo

Muestra	Espesor	Longitud	Altura	Área	Altura/espesor
	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	
6% M.A -1	19.5	29	65	565.5	3.3
6% M.A - 2	19.5	29	65	565.5	3.3
6% M.A - 3	19.5	29	65	565.5	3.3
6% M.A -4	19.5	29	65	565.5	3.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Esfuerzos resistentes en compresión ( $f'm$ ) de Adobe Patrón

Muestra	P	$f'm$	VERIFICACIÓN
	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	
PATRÓN - 1	4067	7.19	RESISTENCIA ACEPTABLE
PATRÓN - 2	4092	7.24	RESISTENCIA ACEPTABLE
PATRÓN - 3	3671	6.49	RESISTENCIA ACEPTABLE
PATRÓN - 4	3718	6.57	RESISTENCIA ACEPTABLE
<b>PROMEDIO</b>	<b>3887</b>	<b>6.87</b>	<b>RESISTENCIA ACEPTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Esfuerzos resistentes en compresión ( $f'm$ ) de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo

Muestra	P	$f'm$	VERIFICACIÓN
	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	
2% M.A - 1	4087	7.23	RESISTENCIA ACEPTABLE
2% M.A - 2	3911	6.92	RESISTENCIA ACEPTABLE
2% M.A - 3	3613	6.39	RESISTENCIA ACEPTABLE
2% M.A - 4	3014	5.33	BAJA RESISTENCIA
<b>PROMEDIO</b>	<b>3656.25</b>	<b>6.47</b>	<b>RESISTENCIA ACEPTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Esfuerzos resistentes en compresión ( $f'm$ ) de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo

Muestra	P	$f'm$	VERIFICACIÓN
	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	
4% M.A - 1	4029	7.12	RESISTENCIA ACEPTABLE
4% M.A - 2	3881	6.86	RESISTENCIA ACEPTABLE
4% M.A - 3	3609	6.38	RESISTENCIA ACEPTABLE
2% M.A - 4	3587	6.34	RESISTENCIA ACEPTABLE
<b>PROMEDIO</b>	<b>3776.5</b>	<b>6.68</b>	<b>RESISTENCIA ACEPTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Esfuerzos resistentes en compresión ( $f'm$ ) de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo

Muestra	P	$f'm$	VERIFICACIÓN
	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	
6% M.A - 1	4081	7.22	RESISTENCIA ACEPTABLE
6% M.A - 2	3804	6.73	RESISTENCIA ACEPTABLE
6% M.A - 3	3774	6.67	RESISTENCIA ACEPTABLE
6% M.A - 4	3551	6.28	RESISTENCIA ACEPTABLE
<b>PROMEDIO</b>	<b>3802.5</b>	<b>6.72</b>	<b>RESISTENCIA ACEPTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

### -Resistencia a la tracción de muretes

Consiste en determinar el esfuerzo de tracción admisible del murete (ft) de adobe. La norma específica establece que las dimensiones deben ser como mínimo 0.65m x 0.65m x em. Asimismo, la última resistencia que se debe alcanzar en un muro de adobe sería de 0.25 kg/cm<sup>2</sup>. Se están tomando en cuenta las cuatro mejores muestras de las seis muestras ensayadas.

Tabla 26. Características geométricas de Muretes de Adobe Patrón

Muestra	Espesor	Longitud	Altura
	cm	cm	cm
PATRÓN -1	19.5	75	75
PATRÓN - 2	19.5	75	75
PATRÓN - 3	19.5	75	75
PATRÓN -4	19.5	75	75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Características geométricas de Muretes de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo

Muestra	Espesor	Longitud	Altura
	cm	cm	cm
2% M.A -1	19.5	75	75
2% M.A - 2	19.5	75	75
2% M.A - 3	19.5	75	75
2% M.A -4	19.5	75	75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Características geométricas de Muretes de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo

Muestra	Espesor	Longitud	Altura
	cm	cm	cm
4% M.A -1	19.5	75	75
4% M.A - 2	19.5	75	75
4% M.A - 3	19.5	75	75
2% M.A -4	19.5	75	75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Características geométricas de Muretes de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo

Muestra	Espesor	Longitud	Altura
	cm	cm	cm
6% M.A -1	19.5	75	75
6% M.A - 2	19.5	75	75
6% M.A - 3	19.5	75	75
6% M.A -4	19.5	75	75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Esfuerzos resistentes en tracción ( $f_t$ ) de Adobe Patrón

Muestra	P	$f_t$	VERIFICACIÓN
	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	
PATRÓN -1	356	0.12	RESISTENCIA NO ACEPTABLE
PATRÓN - 2	668	0.23	RESISTENCIA NO ACEPTABLE
PATRÓN - 3	862	0.29	RESISTENCIA ACEPTABLE
PATRÓN -4	758	0.26	RESISTENCIA ACEPTABLE
<b>PROMEDIO</b>	<b>661</b>	<b>0.23</b>	<b>RESISTENCIA NO ACEPTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Esfuerzos resistentes en tracción ( $f_t$ ) de Adobe + 2% Mucílago de Algarrobo

Muestra	P	$f_t$	VERIFICACIÓN
	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	
2% M.A -1	847	0.29	RESISTENCIA ACEPTABLE
2% M.A - 2	982	0.34	RESISTENCIA ACEPTABLE
2% M.A - 3	600	0.21	RESISTENCIA NO ACEPTABLE
2% M.A -4	534	0.18	RESISTENCIA NO ACEPTABLE
<b>PROMEDIO</b>	<b>740.75</b>	<b>0.25</b>	<b>RESISTENCIA ACEPTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Esfuerzos resistentes en tracción ( $f_t$ ) de Adobe + 4% Mucílago de Algarrobo

Muestra	P	$f_t$	VERIFICACIÓN
	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	
4% M.A -1	994	0.34	RESISTENCIA ACEPTABLE
4% M.A - 2	988	0.34	RESISTENCIA ACEPTABLE
4% M.A - 3	722	0.25	RESISTENCIA ACEPTABLE
2% M.A -4	1059	0.36	RESISTENCIA ACEPTABLE
<b>PROMEDIO</b>	<b>940.75</b>	<b>0.32</b>	<b>RESISTENCIA ACEPTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Esfuerzos resistentes en tracción ( $f_t$ ) de Adobe + 6% Mucílago de Algarrobo

Muestra	P	$f_t$	VERIFICACIÓN
	kgf	kgf/cm <sup>2</sup>	
6% M.A -1	650	0.22	RESISTENCIA NO ACEPTABLE
6% M.A - 2	1087	0.37	RESISTENCIA ACEPTABLE
6% M.A - 3	695	0.24	RESISTENCIA NO ACEPTABLE
6% M.A -4	860	0.29	RESISTENCIA ACEPTABLE
<b>PROMEDIO</b>	<b>823</b>	<b>0.28</b>	<b>RESISTENCIA ACEPTABLE</b>

Fuente: Elaboración propia

### **-Tiempo de volteo de muros a escala real**

Este ensayo se realizó con la finalidad de evaluar cuál es el muro más resistente frente a una inundación, de esta manera se evaluaron 4 muros que fueron levantados a escala, con medida de 1.40m de ancho y 1.40m de alto.

El ensayo se realizó a cabo el día 31 de mayo del 2022, la primera poza comenzó a llenarse con agua hasta el nivel de 30cm por encima del Nivel de piso terminado, siendo la hora de inicio de llenado de 11:55pm, sin embargo, el ensayo comenzó a partir del llenado total de la poza, dicha hora de comienzo fue 12:01pm, a partir de ese momento se comenzó a tomar la hora de resistencia frente al volteo por problema de inundación. Siendo las 12:59pm, fue el primer muro que se volteó frente al efecto de inundación.



Figura 33. Volteo de muro de Adobe Patrón

Fuente: Elaboración propia

Siendo 12:01pm se comenzó el llenado de la poza número 4 que contiene el muro de Adobe más 6% mucílago de algarrobo, y el ensayo comenzó a partir de 12:08pm.

La hora de volteo de este muro fue 6:36 pm.



Figura 34. Volteo de muro de Adobe más 6% de mucílago de algarrobo

Fuente: Elaboración propia

La poza número 2 que contiene el muro de Adobe más 2% de mucílago de algarrobo, se comenzó a llenar a las 12:09pm y el ensayo fue a partir de haberse llenado el pozo, siendo la hora de 12:15 pm.

La hora de volteo de este muro fue 3:16pm.



Figura 35. Volteo de muro de Adobe más 2% de mucílago de algarrobo

Fuente: Elaboración propia

La última poza que se comenzó a llenar fue la que contenía el muro de Adobe más 4% de mucílago de algarrobo, esta hora fue de 12:15 pm, sin embargo, la hora de comienzo de ensayo se sitúa a partir de 12:23pm.

La hora de volteo de este muro fue 6:52pm.



Figura 36. Volteo de muro de Adobe más 4% de mucílago de algarrobo

Fuente: Elaboración propia

## 2.- Discusión

### a) Propiedades del suelo

#### **-Peso Unitario**

##### -Peso Unitario Suelto

Este ensayo nos especifica el peso que tiene el material que se está usando para la elaboración del adobe, en este caso será el suelo. Este resultado que se ha obtenido, siendo 1.288 gr/cm<sup>3</sup> para el peso unitario suelto húmedo, y 1.223 gr/cm<sup>3</sup> para el peso unitario suelto seco, nos ayudará para cotizar algún transporte si se desea llevar la tierra a utilizar a otro sitio de elaboración. Siendo así este ensayo para la obtención de metros cúbicos de tierra que podrían entrar en algún medio de transporte.

##### -Peso Unitario Compactado

Este ensayo, al igual que el peso unitario suelto, nos indica el peso volumétrico del material, teniendo en cuenta una comparación, con el ensayo ya mencionado, para ver la diferencia y economizar el tema de transporte si se desearía llevar el material a otro lugar de elaboración de las muestras de adobe que se necesitarán. Este ensayo dio como resultado un peso de 1.438 gr/cm<sup>3</sup> para la muestra húmeda y 1.365 gr/cm<sup>3</sup> para la muestra seca.

#### **-Ensayo de Granulometría**

Dicho resultado concuerda y guarda relación con lo mencionado por Díaz y Puyen, quienes en su estudio determinaron que el suelo presentaba 56.32% de finos y 43.68% de gruesos (arenas) [47]. Asimismo, los resultados concuerdan con lo encontrado por Sandoval, quien determinó que la muestra de suelo analizada obtuvo un 60% arenas y 40% de finos, por lo que también se encuentra dentro de lo normado [20].

La Norma E.080 [9] indica que los porcentajes de finos determinan la consistencia con la que se maneja la trabajabilidad de la mezcla y la adaptabilidad al molde que servirá para la elaboración de los adobes. Mientras que, con respecto a los porcentajes de gruesos, se ve la influencia de la resistencia a la compresión y a la fisuración.

En la representación de la curva granulométrica se puede visualizar que se tratan de suelos arenos arcillosos debido a que más del 50% pasa la malla N°4. Por lo tanto, la muestra, según la clasificación SUCS es un suelo del tipo SC y de acuerdo con AASHTO es del tipo A-6 (4).

### **-Límites de Consistencia**

Dado que los valores de índice de Plasticidad determinados son mayores a 7% y menores a 20%, se certifica que se tratan de suelos arcillosos de mediana plasticidad según la clasificación que da la guía del MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones). Por ello, la muestra, está constituida de una composición de arcillas arenosas de mediana plasticidad. Dicho resultado concuerda y guarda relación con lo mencionado por Díaz y Puyen [47], quienes en su estudio determinaron que la muestra de suelo de mayor índice de plasticidad que ensayaron obtuvo como resultado un porcentaje de 12.04%, por lo que se encuentra dentro de los valores de 7% y 20% que indica el manual del MTC para arcillas de mediana plasticidad. Asimismo, los resultados concuerdan con lo encontrado por Sandoval, quien determinó que la muestra de suelo analizada obtuvo un índice de plasticidad de 11.05%, por lo que también se encuentra dentro de lo normado [20].

La Norma E.080 [9] indica que el porcentaje de arcilla y el de arenas deben ser muy parecidas dado que la arcilla es la que da la plasticidad al adobe con el fin de tener durabilidad y hacer que las partículas lleguen a unirse, mientras que la arena proporciona resistencia a toda la unidad analizada.

### **-Porcentaje de Humedad**

Este valor corresponde al porcentaje de agua del suelo en su estado natural. De este valor se puede concluir que el suelo tendrá suficiente resistencia en términos de estabilidad y cohesión, ya que el contenido de agua es un indicador fundamental para evaluar la resistencia del suelo. Del mismo modo, si se conoce el porcentaje de humedad, es posible determinar la cantidad de agua necesaria para producir arcilla y mortero, ya que según E.080.[9] no debe exceder el 20% de agua para fabricar los adobes y el mortero. Dicho resultado concuerda y guarda relación con lo mencionado por Díaz y Puyen [47], quienes en su estudio determinaron que la muestra de suelo de mayor humedad que ensayaron obtuvo como resultado un porcentaje de 4.94%, por lo que se encuentra dentro de los parámetros mencionados de la norma. Asimismo, los resultados concuerdan con lo encontrado por Sandoval, quien determinó que la muestra de suelo analizada obtuvo un porcentaje de 3.60%, por lo que también se encuentra dentro de lo normado [20].

## **b) Propiedades físicas del adobe**

### **-Variación dimensional**

Según los resultados de este ensayo, tenemos todas las muestras tanto de Adobe Patrón, como Adobe con adiciones de mucílago en porcentaje de 2%, 4% y 6% con medidas iguales, por lo que no habría variación de medidas tanto de espesor, como ancho y largo del adobe, esto favorece ya que al momento de asentar los muros no habría algún problema, ya que el mortero que se estaría utilizando, sería una medida tradicional y los muros estarían correctamente unidos.

### **-Succión**

Este ensayo de succión, nos indica que el adobe patrón tiene una succión promedio de 0.38%, el adobe con 2% de mucílago de algarrobo tiene 0.24%, el adobe con 4% de mucílago de algarrobo tiene 0.20%, y el adobe con adición de 6% de mucílago de algarrobo tiene 0.18%.

Estos resultados se interpretan de tal manera que el mucílago de algarrobo ayuda en la propiedad de impermeabilidad, ya que, a más adición de mucílago, se comprueba que la succión de agua es menor, siendo así, uno de los factores más importantes en la presente tesis, ya que queda comprobado el buen uso de este aditivo natural y que aumenta la resistencia al agua conforme se vaya aumentando el porcentaje de aditivo.

## **c) Propiedades mecánicas del adobe**

### **-Resistencia a compresión de unidades**

Estas unidades de adobe fueron tal cual como indica la norma, con 10cm de arista.

Al realizar este ensayo, se comprueba que el adobe Patrón no tiene una buena resistencia a la compresión, ya que el promedio obtenido de las 4 mejores muestras de las 6 evaluadas es de 8.45 kg/cm<sup>2</sup>, comparado con la norma, estas muestras no son aceptables.

Para el adobe más el 2% de mucílago de algarrobo se tiene una máxima resistencia de 8.35 kg/cm<sup>2</sup>, comparado con la norma, estas muestras no son aceptables.

Las muestras de adobe más el 4% de mucílago de algarrobo, se verifica que tiene una máxima resistencia de 9.55 kg/cm<sup>2</sup>, esta muestra no es aceptable ya que se encuentra por debajo del límite de 10.2 kg/cm<sup>2</sup> establecido por la Norma E.080.

Las muestras de adobe más el 6% de mucílago de algarrobo, indican que tiene una máxima resistencia de 12.43 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, es aceptable ya que es mayor al límite establecido.

Con estos resultados podemos deducir que el mucílago además de aportar un beneficio con la resistencia al agua también aporta con el aumento de la resistencia a compresión.

**-Resistencia a compresión de pilas**

Este ensayo tuvo como finalidad conocer la resistencia a la compresión que se llega a tener como una resistencia última, mínima de 6.12 kgf/cm<sup>2</sup> como indica la Norma E.080.

Todas las muestras analizadas, tanto de Adobe Patrón (6.87 kgf/cm<sup>2</sup>), como adobe con adición a 2% (6.47 kgf/cm<sup>2</sup>), 4% (6.68 kgf/cm<sup>2</sup>) y 6% (6.72 kgf/cm<sup>2</sup>), tienen una resistencia aceptable ya que pasan lo mínimo establecido.

**-Resistencia a la tracción de muretes**

La norma nos indica que debemos obtener un promedio de las 4 mejores muestras de 6 que se estarían analizando inicialmente, de esta manera se llegó a obtener un promedio para todas las muestras de Adobe.

Para el Adobe Patrón, se obtuvo un esfuerzo resistente a tracción ( $f_t$ ) de 0.23 kgf/cm<sup>2</sup>, de esta manera se deduce que esta resistencia no es aceptable, ya que la Norma E.080 nos indica que la resistencia última es de 0.25 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para el Adobe más el 2% de mucílago de algarrobo, se obtuvo una resistencia aceptable, ya que su promedio fue de 0.25kgf/cm<sup>2</sup>, y se encuentra en el límite establecido.

El adobe más el 4% de mucílago de algarrobo también tiene una resistencia aceptable, e inclusive mejor que la muestra con adición del 2%, ya que se obtuvo un promedio de 0.32 kgf/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, la muestra de adobe más el 6% de mucílago de algarrobo tiene una resistencia de 0.28 kgf/cm<sup>2</sup>, siendo menor que la muestra anterior, pero mayor que la muestra con el 2% de mucílago.

Teniendo estos resultados podemos deducir que la adición de 6% de mucílago no aporta mucho para una resistencia a la tracción, ya que se obtuvo un promedio de esfuerzo menor a la muestra de 4% de adición.


### **-Tiempo de volteo de muros a escala real**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con respecto al tiempo de duración a una simulación de inundación, se puede concluir que los muros con adición de 4% y 6% de mucílago de algarrobo, tienen mayor resistencia al volteo ante un efecto de inundación. Este resultado influye desde el ensayo de succión, ya que se tuvo en cuenta que estas muestras de adobe con adición tenían un mejor comportamiento ante un efecto de agua, la resistencia al volteo fue de un aproximado de 50% más del tiempo de los muros sin adición y con adición de mucílago.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que en este ensayo también influyó el mortero que se utilizó para la unión de estos adobes, este mortero fue un complemento simple sin adición de mucílago, lo cual también fue un factor que influyó en esta resistencia ante la inundación, ya que, al tener como base de resultados de succión, el adobe con mayor adición de mucílago tiene un menor porcentaje de succión, de esta manera el mortero también tendría esta propiedad de resistencia al agua.

Teniendo en cuenta la discusión de los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados, se hace presente una ficha técnica que engloba los beneficios obtenidos.

## FICHA TÉCNICA DE LADRILLO DE TIERRA REFORZADA

CARACTERÍSTICAS GENERALES					
Denominación:	<b>Ladrillo de tierra reforzada</b>				
<b>Características del material utilizado</b>					
<b>Clasificación:</b>	SUCS	SC	SUELO ARENO ARCILLOSO		
	ASSHTO	A-6(4)			
<b>Composición:</b>	arenas	55.90%	Características:	Índice de Plasticidad:	17.46%
	arcillas	43.80%		Humedad:	5.31%
	gravas	0.30%			
<b>Peso Unitario Suelto</b>		Peso Unitario Suelto Húmedo		1.288	gr/cm <sup>3</sup>
		Peso Unitario Suelto Seco		1.223	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Peso Unitario Compactado</b>		Peso muestra Húmeda		1.438	gr/cm <sup>3</sup>
		Peso muestra Seca		1.365	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Porcentaje de adición de aditivo:</b>		<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>
Aditivo: Mucílago de algarrobo		0%	2%	4%	6%
Peso promedio de la unidad:		Kg	6.5 kg		
Dimensiones (mm):			Largo	Ancho	Alto
			290	195	95
<b>Muestras analizadas</b>		<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestra 4</b>
Absorción de agua		0.38%	0.24%	0.20%	0.18%
Resistencia Compresión Unitaria		8.45 kg/cm <sup>2</sup>	8.35 kg/cm <sup>2</sup>	9.55 kg/cm <sup>2</sup>	12.43 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia Compresión de Pilas		6.87 kgf/cm <sup>2</sup>	6.47 kgf/cm <sup>2</sup>	6.68 kgf/cm <sup>2</sup>	6.72 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción Muretes		0.23 kgf/cm <sup>2</sup>	0.25 kgf/cm <sup>2</sup>	0.32 kgf/cm <sup>2</sup>	0.28 kgf/cm <sup>2</sup>
Tiempo de Volteo muro escala real		58 minutos	181 minutos	389 minutos	388 minutos

### **Análisis de Impacto Ambiental**

La evaluación del impacto ambiental es una herramienta que permite identificar los principales problemas que crean determinados tipos de residuos en el medio ambiente. Estas dificultades no sólo se derivan de la forma en que se eliminan los residuos, sino también de otros factores, a menudo no reconocidos, desde el proceso de transporte hasta el punto de eliminación. Es preciso destacar que el medio ambiente no sólo incluye los recursos naturales, sino también las personas y los animales que lo componen y que forman parte indirectamente de este problema. Esta sección describe las actividades que pueden tener algún impacto positivo o negativo durante la ejecución del proyecto. Para después elaborar un plan de gestión medioambiental para mitigar los impactos.

#### **-Matriz de Leopold**

En este estudio fue necesario realizar un análisis de matrices en el que utilizamos la matriz de Leopold. La cual permitirá identificar y minimizar el impacto de las diferentes actividades realizadas a lo largo del desarrollo del proyecto.

La matriz de Leopold permite identificar y evaluar varios impactos al mismo tiempo y puede utilizarse como lista de control. El eje horizontal muestra las posibles acciones y el eje vertical los elementos del entorno. La escala varía de 1 a 10 y permite identificar los impactos según su importancia absoluta y relativa.

Tabla 34. Matriz de Leopold

ACCIONES DEL PROYECTO			MATRIZ DE LEOPOL PARA LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ADOBE CON ADICIÓN DE MUECÍLAGO DE ALGARROBO														
			Alteración de cubierta vegetal	Excavación superficial	Construcción de noria	Fabricación del mucielago de	Fabricación de las unidades de adobe	Transporte	Fabricación del mortero	Construcción de las muestras de adobe	Almacenamiento del producto	PROMEDIOS POSITIVOS	PROMEDIOS NEGATIVOS	IMPACTO POR SUBCOMPONENTES	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO	
FACTORES AMBIENTALES	TIERRA		-3	-3	-3		-3										
	FÍSICO	TIERRA	Calidad del Suelo	4	3	6		3					0	4	-48	93	212
ÁTMOSEFA			Ruido				-2		-2			0	2	-18			
			Calidad del aire	-2	-2			-2	-3	-2	-2	0	6	-33			
AGUA		Calidad del agua	3	3			3	3	3	3	0	2	-6				
		Consumo de agua					-3	2	-3	2	0	18	-6				
		Toxicidad					-2	3	-2	3	0	3	-12				
PAISAJE	Calidad del paisaje					8	8	8	8	3	0	216					
BIOLÓGICO	FLORA	Hábitat				-5					0	1	-20	-32			
	FAUNA	Hábitat	-2	-2	-2		4				0	3	-12				
CULTURAL	USO DEL TERRITORIO	Agricultura									0	0	0	151			
	CULTURAL	Salud y seguridad								-3	0	1	-9				
		Beneficios económicos	5	5	4	5	5	5	5	5	3	5	8			0	160
PROMEDIO POSITIVO			1	1	1	1	2	2	1	0	2	11					
PROMEDIO NEGATIVO			3	3	2	2	5	5	4	2	0		26				
PROMEDIO ARITMÉTICO			3	6	-2	-5	64	74	1	-15	87		40	213			

Fuente: Elaboración propia

### **-Plan de Manejo Ambiental**

En este caso, se propone elaborar un plan de manejo ambiental (PMA), el cual es un documento técnico que contiene un conjunto de indicaciones estructuradas orientadas a prevenir o remediar los impactos medioambientales perjudiciales previstos a lo largo de la ejecución del proyecto de investigación.

La aplicación del plan de mitigación y prevención de las modificaciones ambientales se considerará como instrumento para estas medidas.

#### Programa de prevención y mitigación de los impactos ambientales

Con el fin de determinar los peligros más significativos a los que está sometido el ambiente, se han identificado y evaluado los impactos ambientales para elaborar una serie de medidas de mitigación para reducir o desaparecer los impactos negativos y/o en cualquier caso maximizar los impactos positivos observados en un principio.

#### **Análisis de los Impactos Ambientales:**

Según la información obtenida tras la aplicación de la matriz de Leopold, se puede apreciar que se ha obtenido un número total positivo, por lo que el desarrollo de la fabricación de unidades de adobe con adición de mucílago de Algarrobo tendrá un impacto muy beneficioso con el entorno ambiental. Respecto al medio físico, se ha podido determinar que el mayor impacto negativo lo tiene el factor de la calidad de suelos (Tierra); mientras que lo que más se ve beneficiado es la calidad del paisaje con mucha diferencia. En relación con el medio biológico, los factores de Hábitat de Flora y Fauna se han visto afectados en una proporción no muy sobresaliente, en donde el primero en mención tuvo un valor un poco mayor. Finalmente, dentro del medio Cultura, se tiene que los beneficios económicos son lo más sobresalientes de la valoración de los impactos ambientales que generaría la realización del proyecto.

Estos resultados coinciden con los de Díaz y Puyen, quienes, tras examinar el impacto ambiental, encontraron que los factores más vulnerables eran la erosión por la extracción de materia prima para la fabricación de los bloques de adobe, el aire por el polvo generado en torno al traslado de materiales, y la flora por la biodiversidad de cactáceas utilizadas como estabilizadores; Asimismo, también se identificaron factores positivos como los culturales reflejados en los aspectos estéticos y el panorama de la naturaleza y los espacios abiertos. Así también se identificaron que las acciones más agresivas fueron la modificación de la vegetación, la construcción de ruedas de agua también conocidas como norias (en las zonas rurales, muchos de los sitios donde se produjeron estos materiales no tenían suministro de agua) y la excavación

de la superficie; sin embargo, la producción de adobe fue una acción que tuvo un resultado positivo en la mayoría de los factores y tuvo un impacto negativo insignificante en otros.[48].

### **Propuestas de Mitigación:**

Se han identificado y evaluado los impactos ambientales para identificar los más significativos de los que han surgido las medidas de prevención y eliminación de los peligros sustanciales y potenciar y mejorar los beneficios en la elaboración del adobe mejorado con mucílago de algarrobo, en cualquier caso.

#### -Calidad de Aire:

- Los vehículos que transporten ladrillos de adobe deberán cubrir estas unidades de adobe con lonas o mantas.
- Preparar una sala especial para guardar estas las unidades de adobe.
- El área utilizada para almacenar las unidades debe estar adecuadamente cubierta.

#### -Agua:

- Dosificar correctamente el agua para no desperdiciarla en actividades que no lo necesiten

#### -Flora:

- Es recomendable reforestar y regar las plantas utilizadas para la producción de mucílago con la mayor frecuencia posible para garantizar un ejemplar competente para la siguiente temporada de cosecha. Asimismo, se debe tener en cuenta que los mucílagos de algarrobo al ser un componente de origen orgánico, éstos se desintegran en el medio suelo y da lugar a que la vegetación tenga un crecimiento de manera más acelerada; considerando también que mantenerlos en una exposición prolongada provoca su degradación, por lo que se recomienda trabajar en la fabricación de adobe en tiempos no muy largos.

#### -Fauna:

- Se recomienda evitar dejar residuos de los componentes analizados en el medio ambiente, por lo que se debe hacer una limpieza adecuada luego de realizar todos los trabajos correspondientes para evitar que se propague en zonas en donde se da la presencia de distintas especies.

## Conclusiones

-El suelo que se utilizó para la elaboración del adobe estuvo constituido de 55.9% de arenas, del 43.8% de arcillas y de 0.3% de gravas; por lo que se trata de un suelo areno arcilloso, dado que según la clasificación SUCS es del tipo SC y según AASSHTO es del tipo A-6 (4). Asimismo, presentó un límite líquido de 31.74%, un límite plástico de 14.29% y un índice de Plasticidad de 17.46%, por lo que, se trata de arcillas de mediana plasticidad junto con un contenido de humedad del 5.31%.

-En relación con las propiedades físicas de las unidades de adobe, tanto para el adobe patrón como para las muestras con adición del 2%, 4% y 6%, se emplearon medidas iguales de largo (29cm), ancho (19.50 cm) y altura (9.50 cm); por lo que no habrá variación de medidas y ello conlleva a un beneficio de que, al momento de asentar los muros, el mortero empleado sería de una medida tradicional y dichos muros estarían correctamente unidos. Asimismo, por medio de los ensayos de succión a las muestras de adobe patrón y adobe con adición de mucílago, se puede concluir que, a más adición de porcentaje de mucílago de algarrobo, mayor es la resistencia al agua, ya que se tiene un menor % de absorción. Eso se comprueba dado que el adobe patrón presenta un 0.38% de succión, el adobe con 2% de mucílago de algarrobo tiene 0.24% de succión, el adobe con 4% de mucílago de algarrobo tiene 0.20% de succión, y el adobe con adición de 6% de mucílago de algarrobo tiene 0.18% de succión.

-Se llegó a fabricar un total de 1600 unidades de adobe, para el correcto uso y empleo de ensayos según sea lo especificado en la norma y lo requerido a evaluar por su adición natural.

-Con respecto a la resistencia a la compresión de las unidades de adobe, se comprueba que el aporte de mucílago a las muestras de adobe del 6% cumplen con superar lo normado en la E.080 de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>, dado que se obtuvo un valor de 12.43 kg/cm<sup>2</sup>.

-En relación con la resistencia a la compresión de pilas, tanto el adobe patrón como las muestras adicionadas del 2%, 4 y 6% cumplieron con superar lo normado en la E.080 de 6.12 kg/cm<sup>2</sup> dado que se obtuvieron valores de 6.87, 6.47, 6.68 y 6.72 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

-En lo correspondiente a la resistencia a la tracción, las muestras con adición mucílago del 2%, 4% y 6% cumplen con lo normado en la E.080 de 0.25 kg/cm<sup>2</sup>, dado que se obtuvieron valores

de 0.25, 0.32 y 0.28 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, teniendo en cuenta que con la adición del 6% para este parámetro la resistencia comienza a bajar con relación a la obtenida con 4% de adición.

-Para la evaluación de la resistencia del adobe frente a efectos de inundación, se hicieron muros a escala real de 1.40m x 1.40m, lo cual ayudó a comprobar el ensayo de succión, ya que el muro con adición de 4% y 6% de mucílago tuvo una mayor resistencia al tiempo de volteo por efectos de inundación, con un 50% de diferencia a la muestra de 2 % de adición mucílago de algarrobo y con una notable diferencia con respecto a la muestra patrón. Los resultados obtenidos fueron que para la muestra patrón de adobe, el tiempo de volteo del muro frente al efecto de inundación fue de 58 minutos para el volteo por efecto de inundación. Para el 2% de adición de mucílago, el tiempo de volteo del muro frente al efecto de inundación fue de 3 horas con 1 minuto; para el 4% el tiempo de volteo del muro frente al efecto de inundación fue de 6 horas con 29 minutos y para el 6% el tiempo de volteo del muro frente al efecto de inundación fue de 6 horas con 28 minutos.

-La evaluación de impacto ambiental ayudó a concluir que existen factores que se ven afectados como el aire, y esto se debe al polvo generado por el transporte de los materiales para la elaboración del adobe, también el agua, ya que es el principal material a usar para la fabricación del adobe, por lo tanto, se recomendaron algunas propuestas de mitigación para estos problemas.

-Esta investigación se basó netamente en el estudio del comportamiento físico y mecánico de la unidad de albañilería con tierra reforzada tradicional y con la adición de porcentajes del aditivo mucílago de algarrobo utilizando un mortero tradicional sin aditivo.

## **Recomendaciones**

- Para futuras investigación se recomienda realizar ensayos in situ que son recomendadas por la Norma E.080 para tener un mayor radio de influencia y encontrar quizás un mejor suelo en la ciudad de Lambayeque, y con diferentes muestras, realizar estudios básicos para obtener sus resistencias últimas ya sea a la compresión o tracción.
- Se recomienda para futuras investigaciones, evaluar el adobe con distintas dosificaciones de mucílago, teniendo en cuenta que en esta investigación se ha obtenido resultados beneficiosos en succión y resistencia a la compresión, pero con respecto a la resistencia a la tracción se pudo observar que hasta cierta dosificación aumenta dicha resistencia y luego empieza a disminuir.
- Teniendo en cuenta que en esta investigación solo se adiciona este estimulante al adobe y aun así se obtuvo buenos resultados, se propone para futuras investigaciones, realizar los mismos ensayos, pero teniendo en cuenta la adición con los mismos porcentajes al mortero a utilizar, de esta manera se puede comprobar un ensayo de mayor resistencia a la inundación.
- Se recomienda reducir el impacto ambiental, teniendo en cuenta que se puede volver a reusar los adobes que no son usados por alguna diferencia de dimensión, u otros factores.
- El mucílago de algarrobo al ser un componente de origen orgánico, al mantenerlos en una exposición prolongada provoca su degradación, por lo que se recomienda a futuros autores investigar las consecuencias que pueda generar la adición de este componente orgánico celuloso.

## Referencias

- [1] J. Feng, S.-Y. Pang, J.-W. Gao, E.-F. Deng, H. Wang y J.-J. Zhao, «Experimental study on seismic behaviour of adobe wall reinforced with cold-formed thin-walled steel,» *Revista Thin-Walled Structures*, vol. 147, 2020.
- [2] S. Ramakrisnan, S. Loganayagan, G. Kowshika, C. Ramprakash y M. Aruneshwaran, «Adobe blocks reinforced with natural fibres: A review,» *Revista Materials Today Proceedings*, 2021.
- [3] I. Bertelsen, L. Belmonte, L. Fischer y M. Ottosen, «Influence of synthetic waste fibres on drying shrinkage cracking and mechanical properties of adobe materials,» *Construction and Building Materials*, vol. 286, 2021.
- [4] F. De Filippi, R. Pennacchio, L. Restuccia y S. Torres, «HACIA UN ENFOQUE SOSTENIBLE Y BASADO EN EL CONTEXTO DEL ANTISÍSMICO TÉCNICAS DE REFUERZO PARA EDIFICIOS VERNACULARES DE ADOBE EN COLOMBIA.,» *Archivos internacionales de fotogrametría, teledetección e información espacial*, 2020.
- [5] M. Algara, Á. Cárdenas, G. Arista y J. Rodríguez, «Diseño de bloques de suelo estabilizado para uso urbano en San Luis Potosí,» *Revista Academia Jorunals Celaya*, vol. 4, nº 3, 2017.
- [6] J. Aburto y E. Bravo, «Evaluación y comparación técnica de las propiedades del adobe, típico convencional y el reforzado con cenizas del bagazo de caña de azúcar para la construcción de viviendas en el CC.PP de Tambar- Moro,» UNS, Nuevo Chimbote, 2018.
- [7] Diario El Comercio, «Casa de Adobe: Una alternativa de construcción sismorresistente,» 24 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3xemJ20>
- [8] H. Supo, «El adobe sigue siendo el material de construcción más usado en la región Puno,» 10 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://bit.ly/38MnGp8>
- [9] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Norma E.080. Diseño y Construcción con tierra reforzada,» SENCICO, Lima, 2020.
- [10] Instituto Nacional de Defensa Civil, «Plan de uso del suelo y propuestas de medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Túcume,» INDECI, Túcume, 2004.
- [11] R. Acevedo y O. Carrillo, «Construcción en quincha liviana,» Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 217.

- [12] R. Abid, N. Kamoun, F. Jamoussi y H. El Feki, «Fabricación y propiedades de ladrillos de tierra comprimida a partir de materias primas locales tunecinas,» *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 2021.
- [13] J. Ticona, «Análisis comparativo entre el adobe tradicional y el adobe reforzado con fibras de coco, Huancané, Puno - 2019,» Lima, 2020.
- [14] MVCS, *DS N°003-2016-VIVIENDA, Anexo-Resolución Ministerial N°121-2017-VIVIENDA, E. 080 Diseño y construcción con tierra reforzada, El Peruano 07 de Abril del 2017*, 2017.
- [15] J. Márquez, «Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto, Chincha 2018,» Lima, 2018.
- [16] S. Aliaga y E. Gónzales, «Propuesta de mallas de fibras de maguey para mejorar la resistencia de muros de adobe en el distrito de Colcabamba- Huancavelica,» UPC, Lima, 2020.
- [17] Norma Técnica Peruana, «Ntp 399.613 Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería,» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 2017.
- [18] J. Bolaños, «Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna,» Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2016.
- [19] P. Catalán, J. Moreno, A. Galván y R. Arroyo, «Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio,» *Acta Universitaria*, vol. 29, pp. 1-13, 2019.
- [20] G. Sandoval, «Evaluación de la erosión y la resistencia del adobe adicionado con cenizas de carbón y cal,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2021.
- [21] E. Cañar, «Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con cenizas de carbón,» UTA, 2017.
- [22] M. Sánchez, «Análisis comparativo de adobe convencional y adobe estabilizado con cemento con fines constructivos,» Pimentel, 2020.
- [23] L. Araújo, J. Da Silva y A. Nóbrega, «Caracterización de suelos para mezclas de adobe que contienen cemento Portland como estabilizador,» *Revista Matéria*, 2020.
- [24] V. Benites, «Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*Furcraea Andina*),» UDEP, Piura, 2017.

- [25] L. Sotomayor, «Diseño y proceso constructivo de una vivienda de adobe en Cauquenes,» Santiago de Chile, 2018.
- [26] NORMA UNE 41410, *Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*, 2008.
- [27] A. Vera y M. Manzaba, «Efeito da relação polpa - mucilagem do melão amargo (momordica charantia) na concentração final de um leite fermentado.,» *Escola agrícola politécnica superior de manabí manuel félix lópez (espammfl)*, p. 100, 2019.
- [28] C. Juice, «Obtención de extractos de plantas mucilaginosas para la clarificación de jugos de caña.,» *Tecnología Química*, vol. 34, nº 2, p. 91–98, 2015.
- [29] E. Escudero y P. González, *La fibra dietética*, vol. 21, pp. 61-72, 2006.
- [30] Norma Técnica Peruana, «N.T.P. 339.134 Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS),» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 1999.
- [31] Norma Técnica Peruana, «Ntp 33.150 Descripción e identificación de suelos,» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 2001.
- [32] Norma Técnica Peruana, «Ntp 339.162 Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción,» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 2001.
- [33] Norma Técnica Peruana, «Ntp 339.127 Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo,» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 1998.
- [34] Norma Técnica Peruana, «Ntp 339.128 Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico,» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 1999.
- [35] Norma Técnica Peruana, «Ntp 339.129 Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelo,» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 1999.
- [36] Norma Técnica Peruana, «Ntp 339.134 Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería ( sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS),» Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, Lima, 1999.
- [37] INACAL, «N.T.P. 400.017.Peso unitario del agregado pétreo,» Diario Oficial El Peruano, Lima, 2013.

- [38] INACAL, «NTP 399.631. Método de ensayo normalizado de absorción del agua,» Diario Oficial El Peruano, Lima, 2010.
- [39] INACAL, «NTP 339-084. Método de ensayo para determinar la resistencia a la Tracción por Compresión diametral,» Diario Oficial El Peruano, Lima, 2017.
- [40] ASTM , «ASTM C29/C29M-07 Método de ensayo estándar para densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados,» ASTM INTERNATIONAL, 1997.
- [41] M. Borja, «Metodología de la investigación para ingenieros,» Chiclayo, 2012.
- [42] M. Hernández, Metodología de la investigación, 2015.
- [43] CONSTRUMÁTICA, «Adobe,» 2016. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3m7q2Sz>
- [44] Y. Campos, «Análisis físico mecánico del adobe con la aplicación de fibra de totora, tayabamba-2018,» Lima, 2019.
- [45] C. Díaz y V. Puyen, «Evaluación de la resistencia del adobe estabilizado a la acción del agua adicionando jabonato de alumbre o mucílago de cactus de San Pedro,» Chiclayo, 2019.
- [46] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada,» *El Peruano*, 2017.
- [47] E. Bustamante y L. Vega, «Influencia del jugo de caña en el incremento de la resistencia a la compresión del abobe, Jaén,» Universidad Cesar Vallejo, Moyobamba, 2021.
- [48] C. D. Díaz Ramírez y C. D. Puyen Lamas, «Evaluación de la resistencia del aodbe estabilizado a la acción del agua adicionando Jabonato de Alumbre o Mucílago de Cactus de San Pedro,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.

## Anexos

## Declaración Jurada de autenticidad

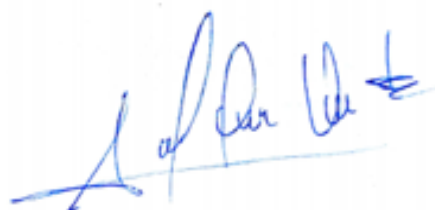
**DECLARACIÓN JURADA**

Yo, **QUIJANO VALDERA ARLYN EDUARDO**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° 72357693, domiciliado en la provincia de Chiclayo Av. Pachacutec #1344, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 2021-I DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

*La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.*

Chiclayo, 09 de Junio del 2021



---

**Quijano Valdera, Arlyn Eduardo**  
72357693



Huella  
Dactilar

## Informes de Ensayo de Laboratorio



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : QUIJANO VALDERA ARLYN EDUARDO  
 Proyecto / Obra : Tesis "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES".  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Lunes, 18 de octubre del 2021.

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : TIERRA PARA ELABORACIÓN DE ADOBE

Cantera: LAMBAYEQUE

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1288.12
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1223.19
Contenido de Humedad	(%)	5.31

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1437.81
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1365.34
Contenido de Humedad	(%)	5.31

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

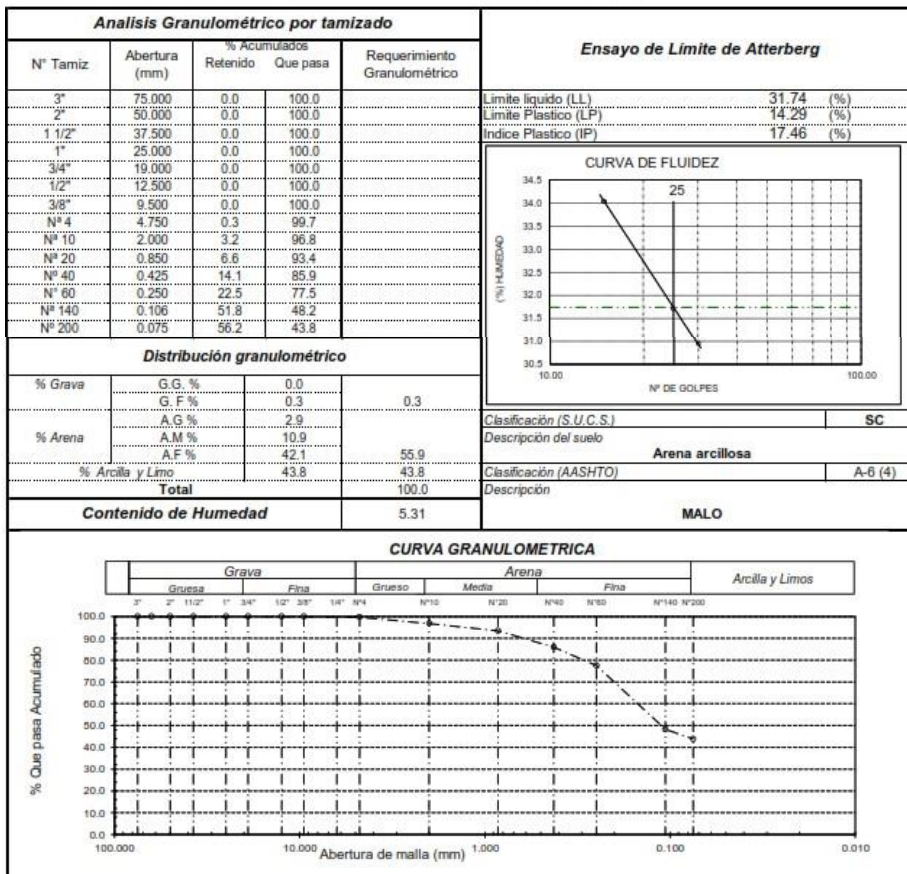
  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : QUIJANO VALDERA ARLYN EDUARDO  
 Proyecto / Obra : Tesis "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCILAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES".  
 Ubicación : Dist.Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : Lunes, 18 de octubre del 2021.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Muestra : TIERRA PARA ELABORACIÓN DE ADOBE

Cantera: LAMBAYEQUE

**Observaciones:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

## Ensayos de laboratorio

### Ensayo de PUSS – PUCS



Instrumentos para el ensayo



Instrumentos para el ensayo



Instrumentos para el ensayo



Peso Unitario Suelto Seco



Peso Unitario Seco Compactado

## Granulometría



Instrumentos para el ensayo



Ensayo de Granulometría



Peso de Muestras

## Ensayo de LL y LP



Instrumentos para el ensayo



Proceso de ensayo



Proceso de Ensayo



Proceso de Ensayo Límite Líquido



Ensayo Límite Plástico



Muestra de Límite Plástico



Muestra de Límite Líquido

Ensayo de % de Humedad



Muestra de Ensayo % de Humedad



Muestras en Horno



Muestras secas



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES

Solicitante : Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de apertura :  
Laboratorio : LEMS W&C E.I.R.L.-LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Período de Absorción (Succión)  
NORMA DE REFERENCIA: NORMA N.T.P. 399.613

Muestra Nº	Descripción de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Muestra Seca (gr)	Muestra ensayada (gr)	Peso agua (gr)	Succión (gr/200cm <sup>2</sup> /min)	Succión (%)	Succión Promedio (%)
01		29.00	19.50	566	7559.00	7581.00	22.00	7.78	0.29	
02		29.00	19.50	566	7281.00	7313.00	32.00	11.32	0.44	
03	ADOBE PATRÓN	29.00	19.50	566	7363.00	7388.00	25.00	8.84	0.34	<b>0.38</b>
04		29.00	19.50	566	7561.00	7592.00	31.00	10.96	0.41	
05		29.00	19.50	566	7460.00	7485.00	25.00	8.84	0.34	

LEMS W&C E.I.R.L.  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES**

Solicitante : Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de apertura :  
Laboratorio : LEMS W&C E.I.R.L.-LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Periodo de Absorción (Succión)  
NORMA DE REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613

Muestra Nº	Descripción de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Muestra Seca (gr)	Muestra ensayada (gr)	Peso agua (gr)	Succión (gr/200cm <sup>2</sup> /min)	Succión (%)	Succión Promedio (%)
01		29.00	19.50	565.50	7362.00	7382.00	20.00	7.07	0.27	
02		29.00	19.50	565.50	7374.00	7386.00	12.00	4.24	0.16	
03	ADOBE + 2% M.A	29.00	19.50	565.50	7221.00	7238.00	17.00	6.01	0.24	<b>0.24</b>
04		29.00	19.50	565.50	7460.00	7485.00	25.00	8.84	0.34	
05		29.00	19.50	565.50	7218.00	7235.00	17.00	6.01	0.24	

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA  
AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES

Solicitante : Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de :  
Laboratori : LEMS W&C E.I.R.L.-LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Periodo de Absorción (Succión)  
NORMA D: NORMA N.T.P. 399.613

Muestra N°	Descripción de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Muestra Seca (gr)	muestra ensayada (gr)	Peso agua (gr)	Succión (gr/200c m <sup>2</sup> /min)	Succión (%)	Succión Promedi (%)
01		29.00	19.50	565.50	6986.00	7001.00	15.00	5.31	0.21	
02		29.00	19.50	565.50	7073.00	7085.00	12.00	4.24	0.17	
03	ADOBE + 4% M.A	29.00	19.50	565.50	7046.00	7064.00	18.00	6.37	0.26	<b>0.20</b>
04		29.00	19.50	565.50	7082.00	7093.00	11.00	3.89	0.16	
05		29.00	19.50	565.50	7054.00	7069.00	15.00	5.31	0.21	

LEMS W&C EIRL  
  
WILSON CLAYAAGUIAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES**

Solicitante : Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de apertura :  
Laboratorio : LEMS W&C E.I.R.L.-LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Periodo de Absorción (Succión)  
NORMA DE REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613

Muestra Nº	Descripción de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Muestra Seca (gr)	Muestra ensayada (gr)	Peso agua (gr)	Succión (gr/200cm <sup>2</sup> /min)	Succión (%)	Succión Promedio (%)
01		29.00	19.50	566	7280.00	7291.00	11.00	3.89	0.15	
02		29.00	19.50	566	7200.00	7214.00	14.00	4.95	0.19	
03	ADOBE + 6% M.A	29.00	19.50	566	7053.00	7064.00	11.00	3.89	0.16	<b>0.18</b>
04		29.00	19.50	566	7125.00	7139.00	14.00	4.95	0.20	
05		29.00	19.50	566	7263.00	7275.00	12.00	4.24	0.17	

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



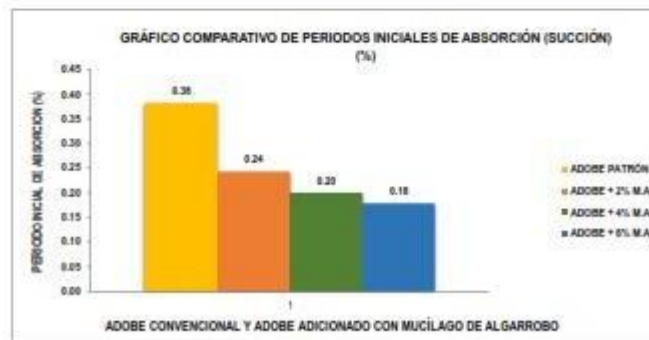
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCILAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES

Solicitante : Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de apertura :  
Laboratorio : LEMS W&C E.I.R.L.-LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Período de Absorción (Succión)  
NORMA DE REFERENCIA: NORMA N.T.P. 399.013

Muestra	Descripción	Periodo Inicial de absorción (Succión) Promedio (%)
1	ADOBE PATRÓN	0.38
2	ADOBE + 2% M.A	0.24
3	ADOBE + 4% M.A	0.20
4	ADOBE + 6% M.A	0.18



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
T.E.C. ENGENYEROS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chidayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Tesis : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCILAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).  
 Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Carga (Kgf)	Largo (Cm)	Ancho (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	ADOBE PATRÓN	882.5	10.00	10.00	100	8.8
2	ADOBE PATRÓN	898	10.00	10.00	100	9.0
3	ADOBE PATRÓN	667	10.00	10.00	100	6.7
4	ADOBE PATRÓN	696	10.00	10.00	100	7.0
5	ADOBE PATRÓN	685	10.00	10.00	100	6.9
6	ADOBE PATRÓN	895	10.00	10.00	100	9.0

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Quijano Valderra Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Tesis : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Carga (Kgf)	Largo (Cm)	Ancho (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	ADOBE + 2% M.A	970	10.00	10.00	100	9.7
2	ADOBE + 2% M.A	698	10.00	10.00	100	7.0
3	ADOBE + 2% M.A	675	10.00	10.00	100	6.8
4	ADOBE + 2% M.A	539	10.00	10.00	100	5.4
5	ADOBE + 2% M.A	784	10.00	10.00	100	7.8
6	ADOBE + 2% M.A	885	10.00	10.00	100	8.9

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Quijano Valdera Arlyn Eduardo

Proyecto / Tesis : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Carga (Kgf)	Largo (Cm)	Ancho (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	ADOBE + 4% M.A	863	10.00	10.00	100	8.6
2	ADOBE + 4% M.A	891.5	10.00	10.00	100	8.9
3	ADOBE + 4% M.A	1047	10.00	10.00	100	10.5
4	ADOBE + 4% M.A	887	10.00	10.00	100	8.9
5	ADOBE + 4% M.A	983.5	10.00	10.00	100	9.8
6	ADOBE + 4% M.A	895	10.00	10.00	100	9.0

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELO



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Tesis : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).  
 Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Carga (Kgf)	Largo (Cm)	Ancho (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	ADOBE + 6% M.A	810	10.00	10.00	100	8.1
2	ADOBE + 6% M.A	924	10.00	10.00	100	9.2
3	ADOBE + 6% M.A	1048	10.00	10.00	100	10.5
4	ADOBE + 6% M.A	1346	10.00	10.00	100	13.5
5	ADOBE + 6% M.A	1250	10.00	10.00	100	12.5
6	ADOBE + 6% M.A	1324	10.00	10.00	100	13.2

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Obra MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ubicación Chiclayo, Lambayeque  
 Ensayo ADOBE. Resistencia del murete a la compresión  
 Referencia NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm <sup>2</sup>	Altura/espesor	P kgf	f <sub>m</sub> kgf/cm <sup>2</sup>
ADOBE PATRÓN	19.5	29	65	565.5	3.3	4067	7.19
ADOBE PATRÓN	19.5	29	65	565.5	3.3	4092	7.24
ADOBE PATRÓN	19.5	29	65	565.5	3.3	3671	6.49
ADOBE PATRÓN	19.5	29	65	565.5	3.3	3718	6.57



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Obra MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ubicación Chiclayo, Lambayeque  
 Ensayo ADOBE. Resistencia del murete a la compresión  
 Referencia NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm <sup>2</sup>	Altura/espesor	P kgf	f <sub>m</sub> kgf/cm <sup>2</sup>
ADOBE + 2% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	4087	<b>7.23</b>
ADOBE + 2% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3911	<b>6.92</b>
ADOBE + 2% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3613	<b>6.39</b>
ADOBE + 2% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3014	<b>5.33</b>



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Obra MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ubicación Chiclayo, Lambayeque  
 Ensayo ADOBE. Resistencia del murete a la compresión  
 Referencia NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm <sup>2</sup>	Altura/espesor	P kgf	Pm kgf/cm <sup>2</sup>
ADOBE + 4% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	4029	7.12
ADOBE + 4% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3881	6.86
ADOBE + 4% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3609	6.38
ADOBE + 4% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3587	6.34



LEMS W&C EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Obra MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ubicación Chiclayo, Lambayeque  
 Ensayo ADOBE. Resistencia del murete a la compresión  
 Referencia NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm <sup>2</sup>	Altura/espesor	P kgf	f <sub>m</sub> kgf/cm <sup>2</sup>
ADOBE + 6% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	4081	7.22
ADOBE + 6% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3804	6.73
ADOBE + 6% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3774	6.67
ADOBE + 6% M.A	19.5	29	65	565.5	3.3	3551	6.28



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TFC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
Proyecto / Tesis MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
Ubicación Chiclayo, Lambayeque  
Ensayo ADOBE. Resistencia del murete a la tracción indirecta  
Referencia NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	2*a*em cm2	P kgf	f't kgf/cm2
ADOBE PATRÓN	19.5	75	75	2925	356	0.12
ADOBE PATRÓN	19.5	75	75	2925	668	0.23
ADOBE PATRÓN	19.5	75	75	2925	862	0.29
ADOBE PATRÓN	19.5	75	75	2925	758	0.26



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Tesis MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ubicación Chiclayo, Lambayeque  
 Ensayo ADOBE. Resistencia del murete a la tracción indirecta  
 Referencia NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	2*a*em cm2	P kgf	ft kgf/cm2
ADOBE + 2% M.A	19.5	75	75	2925	847	0.29
ADOBE + 2% M.A	19.5	75	75	2925	982	0.34
ADOBE + 2% M.A	19.5	75	75	2925	600	0.21
ADOBE + 2% M.A	19.5	75	75	2925	534	0.18



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Tesis MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ubicación Chiclayo, Lambayeque  
 Ensayo ADOBE. Resistencia del murete a la tracción indirecta  
 Referencia NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	2*a*em cm2	P kgf	f't kgf/cm2
ADOBE + 4% M.A	19.5	75	75	2925	994	0.34
ADOBE + 4% M.A	19.5	75	75	2925	988	0.34
ADOBE + 4% M.A	19.5	75	75	2925	722	0.25
ADOBE + 4% M.A	19.5	75	75	2925	1059	0.36



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante Quijano Valdera Arlyn Eduardo  
 Proyecto / Tesis MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, ADICIONANDO MUCÍLAGO DE ALGARROBO, PARA AUMENTAR SU RESISTENCIA FRENTE A LLUVIAS E INUNDACIONES  
 Ubicación Chiclayo, Lambayeque  
 Ensayo ADOBE. Resistencia del murete a la tracción indirecta  
 Referencia NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	2*a*em cm2	P kgf	ft kgf/cm2
ADOBE + 6% M.A	19.5	75	75	2925	650	0.22
ADOBE + 6% M.A	19.5	75	75	2925	1087	0.37
ADOBE + 6% M.A	19.5	75	75	2925	695	0.24
ADOBE + 6% M.A	19.5	75	75	2925	860	0.29



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904