

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**INTEGRACIÓN DE SAVIA DE *Opuntia ficus-indica* (L.)  
Mill. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA  
MECÁNICA DEL ADOBE**

**Autor: Bach. Flavio Cesar Ujukam Quiroz**

**Asesor: Ing. Emanuel Tafur Revilla**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2023**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



## ANEXO 3-H

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

#### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): UJUKAM QUIROZ FIAVIO CESAR  
DNI N°: 72967499  
Correo electrónico: Cesar.1997capicorino@hotmail.com  
Facultad: INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
Escuela Profesional: INGENIERIA CIVIL

#### Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

#### 2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

INTEGRACIÓN DE SAVIA DE OPUNTIA FLORES-INDICA (L.) MILL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL APODTE

#### 3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: TAJUE RAJUA EMANUEL  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 47605443  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) <https://orcid.org/0000-001-9493-4370>

#### Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_  
DNI, Pasaporte, C.E N°: \_\_\_\_\_  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) \_\_\_\_\_

#### 4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)  
2.00.00--INGENIERIA, TECNOLOGIA / 2.01.00--INGENIERIA CIVIL / 2.01.01--INGENIERIA CIVIL

#### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

#### 6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 24 / AGOSTO / 2023

Cesar F. Ujukam Quiroz

Firma del autor 1

Firma del autor 2

emanuelrajua

Firma del Asesor 1

Firma del Asesor 2

### **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis con mucho cariño a mis padres, mis hermanas y a mi hermano en el cielo, por el apoyo incondicional, y ser el motivo más grande para luchar día a día para seguir adelante, y también a todos mis profesores, asesor y compañeros que han contribuido para lograr realizar esta investigación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por guiarme y darme fortaleza para seguir adelante, también a mi familia por su apoyo incondicional y ser la razón para superar cada obstáculo.

## **AUTORIDADES DE LA UNTRM**

---

**DR. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA**

Rector

---

**DR. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES**

Vicerrector Académico

---

**DRA. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA**

Vicerrectora de Investigación

---

**PH.D. RICARDO EDMUNDO CAMPOS RAMOS**

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



**UNTRM**

### REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada INTEGRACION DE SOWA DE OPUNTA FICUS-INDICA (L.)MILL. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL ROOBE; del egresado FLAVIO CESAR UJUELA QUIROZ de la Facultad de INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL de esta Casa Superior de Estudios.

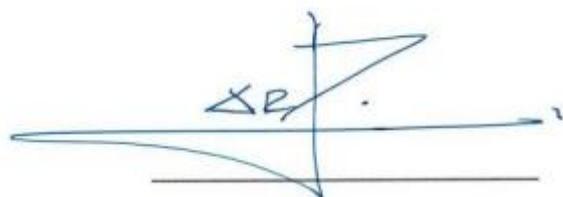
El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 07 de Julio de 2023



Emanuel Tafur Revilla  
Firma y nombre completo del Asesor  
EMANUEL TAFUR REVILLA

## JURADO EVALUADOR



**Mg. GUILLERMO ARTURO DÍAZ JÁUREGUI**

Presidente



---

**Ing. JOHN HILMER SALDAÑA NÚÑEZ**

Secretario



---

**M.Sc. ELI PARIENTE MONDRAGÓN**

Vocal

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

## ANEXO 3-Q



### ANEXO 3-Q

#### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

INTEGRACIÓN DE SANIA DE ORANTIA plus- indica (L) Mill. Para  
EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL APODE  
presentada por el estudiante ( )/egresado (X) FLAVIO CESAR UNKAM GUÍROZ  
de la Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL  
con correo electrónico institucional 7296749941@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 06 de JULIO del 2023

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

## ANEXO 3-S



### ANEXO 3-S

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 20 de Julio del año 2023, siendo las 7:28 horas, el aspirante: Ujokam Quiroz Flavio Cesar, asesorado por Ing. Esmarvel Tuyor Revilla defiende en sesión pública presencial (  ) / a distancia (  ) la Tesis titulada: Integración de Savia oportia ficus-indica (L.) Mill. Para el Mejoramiento de la Resistencia Mecánica del Adobe., para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. Guillermo Arturo Díaz Sauegui  
Secretario: Ing. John Hilmer Saldaña Nómez  
Vocal: H.Sc. Eli Pariente Mondragón

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

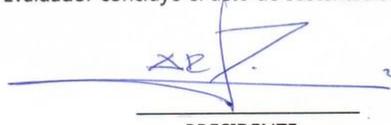
Aprobado (  ) por Unanimidad (  ) / Mayoría (  ) Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 8:18 PM horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:  
.....

## INDICE GENERAL

Resumen.....	xiii
Abstract .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
2.1. Zona de estudio .....	17
2.2. Materiales, Equipos y Herramientas .....	17
2.3. Operacionalización de variables.....	19
2.3.1. Savia de la <i>Opuntia ficus-indica</i> mecánicas del adobe.....	20
2.3.2. Resistencias mecánicas del adobe .....	22
2.4. Selección de individuos .....	23
2.4.1. Tipo y nivel de investigación .....	23
2.4.2. Diseño de investigación .....	23
2.5. Población, muestra y muestreo.....	23
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	24
2.7. Procesamiento de datos.....	24
2.7.1. Identificación taxonómica de la especie .....	24
2.7.2. Caracterización de los materiales con lo que va a elaborar el adobe.....	26
2.7.3. Pruebas para identificar el suelo arcilloso de mejor comportamiento .....	27
2.7.4. Procesamiento para propiedades mecánicas .....	28
2.7.5. Procesos realizados en el tratamiento estadístico de datos .....	29
III. RESULTADOS.....	30
3.1. Análisis de la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional .	30
3.2. Análisis de la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe mejorado con integración de savia de la <i>Opuntia ficus-indica</i> (SO <sub>f</sub> ).....	31
3.3. Contrastación la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional con el adobe mejorado .....	33
IV. DISCUSIÓN .....	36
V. CONCLUSIÓN .....	38
VI. RECOMENDACIONES.....	39
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
ANEXO 1: CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA.....	44
ANEXO 2: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LAS MUESTRAS A COMPRESION.....	45
ANEXO 3: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LAS MUESTRAS A FLEXION .....	46
ANEXO 4: RESULTADOS DE ENSAYOS GRANULOMETRICO.....	466
ANEXO 5: BASE DE DATOS .....	47
ANEXO 5: CORRELACION POR GRUPO DE RESISTENCIA MECANICA.....	53
ANEXO 6: GALERIA FOTOGRAFICA .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Lista de materiales utilizados .....	17
<b>Tabla 2.</b> Lista de equipos utilizados.....	18
<b>Tabla 3.</b> Lista de herramientas utilizadas .....	18
<b>Tabla 4.</b> Operacionalización de variables.....	19
<b>Tabla 5.</b> Distribución de la muestra poblacional.....	24
<b>Tabla 6.</b> Resistencia a la compresión y tracción del adobe convencional .....	30
<b>Tabla 7.</b> Resistencia a la compresión y tracción del adobe mejorado .....	31
<b>Tabla 8.</b> Comparación de resistencia a la compresión del adobe convencional y mejorado (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	33
<b>Tabla 9.</b> Comparación a la resistencia de la tracción del adobe convencional y mejorado (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	34
<b>Tabla 10.</b> Correlación a la resistencia mecánica del adobe convencional y mejorado (kg/cm <sup>2</sup> )	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa Distrital de Bagua (GRA, 2022).....	17
<b>Figura 2.</b> Diagrama de Flujo para la fabricación del adobe.....	26
<b>Figura 3.</b> Representación gráfica de los resultados del ensayo de compresión en adobe convencional .....	30
<b>Figura 4.</b> Representación gráfica de los resultados del ensayo de tracción en adobe convencional .....	31
<b>Figura 5.</b> Representación gráfica de los resultados del ensayo de compresión en adobe mejorado .....	32
<b>Figura 6.</b> Representación gráfica de los resultados del ensayo de compresión en adobe mejorado .....	32
<b>Figura 7.</b> Comparación de promedios de la resistencia máxima y carga de rotura a la compresión del adobe convencional y el mejorado con 4, 8 y 12% de SOF. ....	33
<b>Figura 8.</b> Comparación de promedios de la carga de rotura y el módulo de rotura a la tracción del adobe convencional y el mejorado al 4, 8 y 12% de SOF.....	34
<b>Figura 9.</b> <i>Vista panorámica del cultivo de Opuntia ficus-indica.</i> ....	56
<b>Figura 10.</b> <i>Acarreo de paletas de Opuntia ficus-indica.</i> ....	56
<b>Figura 11.</b> <i>Proceso de extracción de pulpa</i> .....	57
<b>Figura 12.</b> <i>Licuada de la sabia de la Opuntia ficus-indica</i> .....	57
<b>Figura 13.</b> <i>Pulpa licuada de Opuntia ficus-indica</i> .....	58
<b>Figura 14.</b> <i>Vaciado de agua para formar el barro</i> .....	58
<b>Figura 15.</b> <i>Mezcla de la tierra con la pajilla de arroz</i> .....	59
<b>Figura 16.</b> <i>Vaciado de Savia de Opuntia ficus-indica</i> .....	59
<b>Figura 17.</b> <i>Preparado del sitio donde se pondrá los adobes para su secado.</i> .....	60
<b>Figura 18.</b> <i>Muestra de adobes en proceso de secado</i> .....	60
<b>Figura 19.</b> <i>Proceso para el ensayo de compresión</i> .....	61
<b>Figura 20.</b> <i>Ensayo de compresión</i> .....	61
<b>Figura 21.</b> <i>Proceso para el ensayo de flexión</i> .....	62
<b>Figura 22.</b> <i>Ensayo a flexión</i> .....	62

## Resumen

El uso del adobe convencional se utiliza en la zona rural del distrito Bagua, Región Amazonas. Su diseño no cumple con lo establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones (E – 080, 2006). Mediante el objetivo general se propuso aumentar la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional con la integración de savia de la *Opuntia ficus-indica*., conocida como “Tuna” perteneciente a la familia “Cactaceae” de la especie (L.) Mill. Los alcances de la investigación permitieron realizar estudio comparativo del adobe convencional frente al diseño propuesto. La metodología científica es Aplicada, de naturaleza Cuantitativa cuyo diseño es Experimental, teniendo como muestra 14 pruebas tradicionales frente a 3 grupo de 14 pruebas con adición del 4%, 8% y 12% de savia de la *Opuntia ficus-indica*. Los resultados señalaron que los adobe convencionales presentan valores aceptable desde la adición de savia de *Opuntia ficus-indica*, al 8% y 12%, tienen entre 10.84 y 12.72 kg/cm<sup>2</sup> requisito mínimo de la NTP E-080 concluyendo que si obtiene mejorar en la resistencia mecánica del adobe adicionando aditivo como la SOF también se admite sus resultados la cual se debe considerara desde la inclusión del 8 a más de savia de la *Opuntia ficus-indica* al 12% cuya resistencia a la compresión es el doble del adobe convencional con 12.72 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que en Resistencia a la tracción es 1.67 kg/cm<sup>2</sup> superior en 0.17% característica técnica de mejor calidad para las construcciones futuras.

**Palabras clave:** Adobe, *Opuntia ficus-indica*, Resistencia mecánica

## Abstract

The use of conventional adobe is used in the rural area of the Bagua district, Amazonas Region. Its design does not comply with the provisions of the National Building Regulations (E - 080, 2006). Through the general objective, it was proposed to increase the mechanical resistance in compression and traction of conventional adobe with the integration of *Opuntia ficus-indica* sap, known as "Tuna" belonging to the "Cactaceae" family of the species (L.) Mill. The scope of the research allowed a comparative study of conventional adobe against the proposed design. The scientific methodology is Applied, of a Quantitative nature whose design is Experimental, having as a sample 14 traditional tests against 3 groups of 14 tests with the addition of 4%, 8% and 12% of *Opuntia ficus-indica* sap. The results indicated that the conventional adobe present acceptable values from the addition of *Opuntia ficus-indica* sap, at 8% and 12%, have between 10.84 and 12.72 kg/cm<sup>2</sup> minimum requirement of the NTP E-080 concluding that if it obtains an improvement in the mechanical resistance of adobe adding additive such as SO<sub>f</sub>, its results are also admitted, which should be considered from the inclusion of 8 to more sap of *Opuntia ficus-indica* at 12% whose resistance to compression is twice that of conventional adobe with 12.72 kg/cm<sup>2</sup>, while in tensile strength it is 1.67 kg/cm<sup>2</sup> higher by 0.17%, a technical characteristic of better quality for future constructions.

**Keywords:** Adobe, *Opuntia ficus-indica*, Mechanical resistance

## I. INTRODUCCIÓN

La construcción de viviendas rurales con adobe ha sido una práctica arraigada en diversos contextos culturales a lo largo de la historia. Sin embargo, el adobe convencional, elaborado con materiales rústicos como tierra, pajilla y agua, presenta limitaciones en cuanto a su resistencia mecánica (Peña, 1997), especialmente en regiones vulnerables a condiciones climáticas adversas y eventos sísmicos (Benites, 2017), lo que representa un riesgo para la seguridad y durabilidad de las viviendas.

La falta de resistencia del adobe convencional a estos efectos adversos, ha llevado a que las viviendas construidas con este material se deterioren rápidamente (Elizarráz, 2020), perdiendo su estructura de diseño en un corto período de tiempo (Baldocena, 2019). Esta realidad problemática ha generado la necesidad de investigar alternativas que permitan mejorar las propiedades mecánicas del adobe y garantizar la durabilidad de las construcciones rurales.

En este contexto, nos planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible que mediante la incorporación de la savia de *Opuntia ficus-indica*, con una dosificación del 4%, 8% y 12%; a la mezcla de tierra, pajilla y agua, se pueda mejorar la resistencia mecánica del adobe?, la cual nos permitirá determinar si la integración de savia de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. para el mejoramiento de la resistencia mecánica del adobe, se plantea como una posible solución para mejorar la resistencia mecánica del adobe.

La elección de la savia de *Opuntia ficus-indica* se basa en investigaciones previas que han demostrado las propiedades adhesivas y aglutinantes de los mucílagos presentes en esta planta. Estos mucílagos actúan como agentes de unión, fortaleciendo la matriz del adobe y mejorando su resistencia mecánica (Nieto y Tello, 2019).

Estas investigaciones han demostrado resultados prometedores al aumentar la resistencia del adobe, lo que sustenta la posibilidad de emplear la savia de *Opuntia ficus-indica* como un agente fortalecedor. Por ejemplo, (Bolaños, 2016), estudió las propiedades de resistencia de compresión, tracción y absorción en adobe compactado con diferentes proporciones de savia de nopal. Los resultados de su estudio mostraron una mejora significativa en la resistencia del adobe en comparación con el adobe tradicional, cumpliendo con los valores establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Por otro lado, (Quintana y Vera 2017), se enfocaron en la integración de savia de *Opuntia ficus-indica* para mejorar la resistencia a la compresión y tracción del adobe convencional. Los resultados de su estudio demostraron que el adobe con la adición de

savia de *Opuntia ficus-indica* presentaba mejores propiedades físicas y mecánicas en comparación con los adobes normales.

Basándonos en todo lo mencionado, la justificación de este estudio se basa en la necesidad de abordar los desafíos que enfrenta la construcción con adobe, especialmente en países como Perú, donde el patrimonio histórico y la vivienda popular están fuertemente vinculados a este material (Nieto y Tello, 2019). Al encontrar soluciones para fortalecer el adobe, se podrían preservar edificaciones históricas, garantizar viviendas más seguras y mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en ellas (Aranda y García, 2016). Además, la importancia de esta investigación radica en la necesidad de encontrar soluciones efectivas para mejorar la calidad de las viviendas rurales construidas con adobe, ya que el mejoramiento de la resistencia mecánica del adobe puede contribuir a la construcción de viviendas más seguras y duraderas (Pinzón y Benitez, 2018). En este sentido, el uso de la savia de *Opuntia ficus-indica* como aditivo en el adobe podría representar una alternativa sostenible y accesible (García, 2017), aprovechando los recursos naturales disponibles en la zona, y al mismo tiempo fomentando la sostenibilidad y el desarrollo local. Asimismo, la investigación contribuirá al conocimiento científico en el campo de la construcción sostenible y podrá ser aplicada en otros contextos con condiciones similares.

El objetivo general de la presente investigación es aumentar la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional con la integración de savia de *Opuntia ficus-indica*. Para lograrlo, se plantean los siguientes objetivos específicos: analizar la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional, analizar la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe mejorado con integración de savia de la *Opuntia ficus-indica* y finalmente Contrastar la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional con el adobe mejorado.

En cuanto a la hipótesis planteada, se postula que la incorporación de la savia de *Opuntia ficus-indica* al adobe permitirá mejorar significativamente su resistencia mecánica. Si se confirma esta hipótesis, se abrirían nuevas posibilidades para fortalecer las estructuras habitacionales en comunidades rurales, reduciendo los riesgos asociados a posibles colapsos estructurales y brindando mayor seguridad a los habitantes.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Zona de estudio

Los ensayos mecánicos (análisis a Compresión y Flexión) del adobe convencional y las proporciones del 4, 8 y 12% de sabia de la *Opuntia ficus-indica* en adobe mejorado, se realizaron en el laboratorio de suelos y pavimentos Grupo DASAT registrado con RUC Numero 20608344943 y está ubicado en la Av. Circunvalación Nro. 1872 (frente a la Universidad Nacional de Bagua) Amazonas - Bagua – Bagua (Anexo 3).

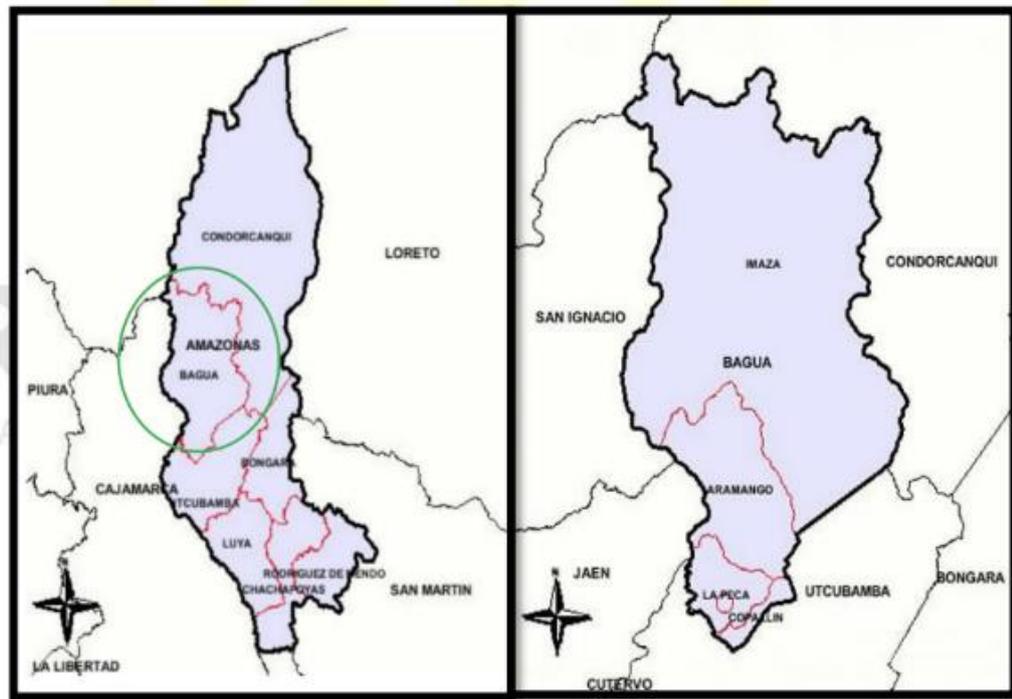


Figura 1. Mapa Distrital de Bagua (GRA, 2022)

### 2.2. Materiales, Equipos y Herramientas

Tabla 1.

Lista de materiales utilizados

Materiales de campo	Materiales de laboratorio
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tierra</li><li>• Cascarilla de arroz</li><li>• Agua</li><li>• Sabia de la <i>Opuntia ficus-indica</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lapicero</li><li>• Hojas A4</li><li>• Balanza</li><li>• Wincha</li></ul>

**Tabla 2.***Lista de equipos utilizados*

---

<b>equipos de laboratorio</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Protor</li><li>• Molde de ensayo</li><li>• Máquina de ensayo a compresión y tracción</li></ul>

---

**Tabla 3.***Lista de herramientas utilizadas*

---

<b>equipos de campo</b>	<b>equipos de laboratorio</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Balde</li><li>• Palana</li><li>• Tamiz</li><li>• Molde</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Probeta graduada</li><li>• Vaso de vidrio</li></ul>

---

### 2.3. Operacionalización de variables

**Tabla 4.**

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Unidades
Savia de <i>Opuntia ficus-indica</i>	Son sustancias con aspecto gelatinoso espeso, e incoloro, carece de olor y se disuelve fácilmente al agua (Quintana & Vera, 2017).	• Propiedades químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso</li> <li>• Alto</li> <li>• Largo</li> <li>• Ancho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kg</li> <li>• m</li> <li>• cm</li> </ul>
		• Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosidad</li> <li>• Durabilidad (resistencia a la tracción y abrasión)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poise</li> <li>• mm<sup>3</sup></li> </ul>
Resistencia mecánica del adobe	Quiroz (2019) El efecto que la compactación produce, se refleja en el aumento en la densidad del adobe, incrementando su resistencia mecánica, debido a que se disminuye la porosidad.	• Compresión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga ruptura</li> <li>• Ancho</li> <li>• Largo</li> <li>• Altura</li> <li>• Resistencia máxima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kn</li> <li>• cm</li> <li>• cm</li> <li>• cm</li> <li>• kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>
		• Tracción (Tracción)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga ruptura</li> <li>• Ancho</li> <li>• Altura</li> <li>• Peso</li> <li>• Módulo de rotura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kgf</li> <li>• Cm</li> <li>• Cm</li> <li>• Kg</li> <li>• kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>

### 2.3.1. Savia de la *Opuntia ficus-indica* mecánicas del adobe

*Opuntia ficus-indica*, también conocida como nopal, es una planta arbórea de 3-5 m de altura con un tronco leñoso y 20-50 cm de diámetro. En Perú, la variedad más común crece entre 1,5 y 2,0 metros de altura. También tenga en cuenta que esta planta se puede cultivar en áreas que cumplan con las siguientes características:

- Zonas de climas secos y muy secos con lluvias en verano (precipitaciones anuales de unos 125 mm o más). Sin embargo, el exceso de humedad puede causar daños por insectos y enfermedades fúngicas.
- Se adapta a una amplia variedad de composiciones de suelo, pero se desarrolla mejor en suelos arenosos sueltos de profundidad media donde se prefiere un pH alcalino.
- Se desarrolla en altitudes entre 800 y 2800 metros sobre el nivel del mar, pero también se encuentra en elevaciones más bajas cerca de la costa.
- *Opuntia ficus-indica* tiene pencas que forman tallos para producir frutos. Este tallo contiene una sustancia viscosa, también llamada mucílago, que tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener fuertemente grandes cantidades de agua. También es un excelente agente gelificante y espesante para ajustar propiedades como la viscosidad, la elasticidad, la textura y la retención de agua. y emulsionantes. El peso del tallo es de 800-1 kg. El fruto pesa 250 gramos y el tallo mide 30 centímetros de largo. El ancho es de 3 cm, la altura de la planta es de 1,5 a 2,5 m (Ramakrishnan, et al., 2020).

Procesos de estabilización: Según los autores Ramakrishnan, et al. (2020) existen dos formas de estabilizar Adobe y se detallan a continuación:

- Homogeneidad: El proceso de estabilización por homogeneización básicamente es agregar el material faltante a la mezcla. Es decir, se agrega arcilla si el suelo es menos pegajoso y se agrega arena si el suelo es más pegajoso. Se tiene en cuenta que el material debe ser similar al material a estabilizar ya que se incorpora seco.
- Heterogéneo: Este tipo de proceso incorpora diferentes tipos de materiales para ayudar a mejorar las propiedades de la mezcla. En este proceso, los estabilizadores se dividen en tres categorías: endurecedores, fibras y agentes impermeabilizantes.

- Consolidadores: estos estabilizadores unen y sujetan las líneas y la arena, lo que hace que el elemento sea más resistente a los esfuerzos de compresión y cortante. También reduce la absorción de agua. Estos elementos incluyen la cal la cual se considera uno de los mejores estabilizadores porque no crea porosidad y no pierde la cohesión del suelo. Algunas sustancias orgánicas actúan como aglutinantes y se encuentran en vegetales como cactus y suculentas, coloides orgánicos, leche y huevos.
- Fibra: Los estabilizadores de fibra se utilizan para controlar el estiramiento durante el fraguado. En otras palabras, evita que se formen grietas cuando comienza a secarse. Estas fibras son de origen vegetal como la paja, diversas gramíneas, virutas de madera, coníferas de pino, cáscaras de coco, tallos de maíz, fibras de pita y fik, o lana, crin de caballo, collares, etc. de origen animal. Los materiales agregados deben estar secos para evitar la descomposición.
- Impermeabilización: Función que impide la penetración del exceso de humedad por capilaridad o lluvia. Este estabilizador actúa como un recubrimiento sobre la arcilla, evitando que se hinche al entrar en contacto con el agua. Los aceites vegetales, los aceites animales, los aceites de petróleo, etc. se utilizan como materiales impermeabilizantes, pero la cantidad debe mantenerse a un nivel que no afecte el comportamiento de la arcilla. (Konkobo, et al., 2023).

*Opuntia ficus-indica* tiene propiedades que se clasifican en propiedades físicas y químicas.

Las propiedades físicas son aquellas que se pueden medir sin afectar la composición, como el peso, la altura, la longitud y el ancho, mientras que las propiedades químicas son sustancias cuya estructura interna cambia para convertirse en una nueva sustancia diferente.

- ✓ Viscosidad: Savary, et al. (2020) define la resistencia al flujo de líquido, cuanto mayor sea la viscosidad, más lento fluirá el líquido. La viscosidad se relaciona con la facilidad con la que las moléculas de un líquido se mueven en relación con otras moléculas. Por lo tanto, depende de las fuerzas de atracción entre las moléculas y la estructura de esas moléculas. La unidad de medida es direccional y está entre 27 y 30 grados.

- ✓ Durabilidad: Según Muñoz, et al., (2020) son propiedades consistentes en la capacidad de soportar las condiciones físicas y químicas a las que se expone un elemento durante su vida útil, mantener su estado funcional y cosmético en un periodo de 25 mm<sup>3</sup> y tener un desgaste de 14 mm<sup>3</sup>.

### 2.3.2. Resistencias mecánicas del adobe

Está compuesta por:

Resistencia a la compresión se realizará siete muestras del adobe común o convencional, siete muestras de adobe con adición de sabia de la *Opuntia ficus-indica* al 4%, siete al 8% y siete al 12% respectivamente, haciendo un total de Veintiocho muestras para este ensayo. Estas pruebas de laboratorio permitieron calcular:

- Carga ruptura
- Ancho
- Largo
- Altura
- Resistencia máxima

Resistencia a la tracción (tracción): Se realizará siete muestras del adobe común o convencional, siete muestras de adobe con adición de sabia de la *Opuntia ficus-indica* al 4%, siete al 8% y siete al 12% respectivamente, haciendo un total de Veintiocho muestras para este ensayo. Estas pruebas de laboratorio permitieron calcular:

- Carga ruptura
- Ancho
- Altura
- Peso
- Módulo de rotura

## 2.4. Selección de individuos

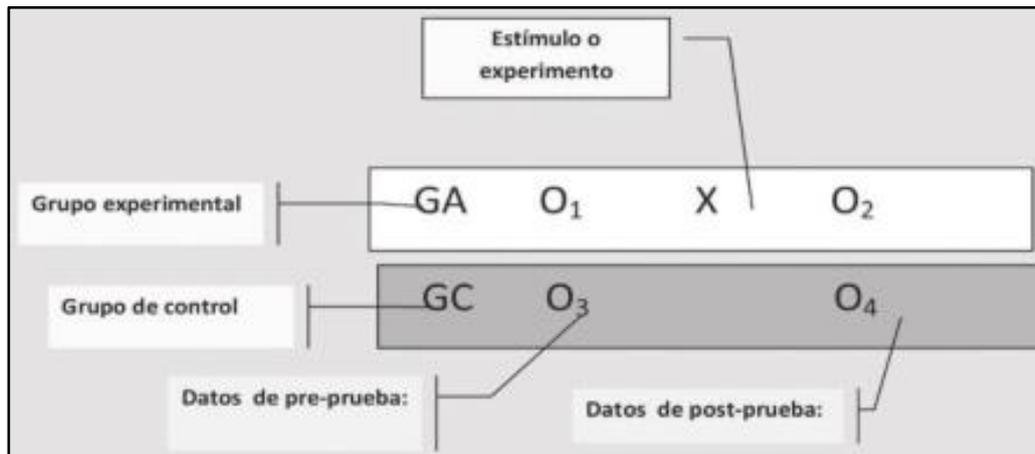
### 2.4.1. Tipo y nivel de investigación

Se destaca por ser la investigación de:

- Según finalidad: Aplicada (genera conocimiento y busca dar solución a los problemas presentados) (Concytec, 2018)
- Según enfoque, profundidad o naturaleza: Cuantitativa
- Según alcance o por objetivos: Descriptiva - Correlacional
- Según fuente de datos: Documental y de campo (ensayo de laboratorio)

### 2.4.2. Diseño de investigación

Este diseño de la investigación es experimental, permite manipular sus variables para obtener resultado, en nuestro caso se desarrolla la comparación de la resistencia del adobe tradicional frente al adobe mejorado con adición de porcentajes de savia de la *Opuntia ficus-indica*, su representación gráfica se presenta a continuación (Hernández et al., 2014).



Donde:

GA: Grupo experimental conformado por ensayos de adobe mejorado con adición de savia de la *Opuntia ficus-indica* al 4, 8 y 12%.

GC: Grupo de control conformado por los ensayos de adobe convencional, sin modificación en su diseño.

## 2.5. Población, muestra y muestreo

Población 56 ensayos de laboratorio

Muestra: por ser una población finita pequeña se considera trabajar con todos los ensayos del laboratorio el mismo que está distribuido según la siguiente tabla:

**Tabla 5.***Distribución de la muestra poblacional*

<b>Ensayo</b>	<b>Adobe convencional</b>	<b>Adobe mejorado</b>
• Compresión	7	0
• Flexión	7	0
• Compresión + 4% de sabia de la <i>Opuntia ficus-indica</i> .	0	7
• Compresión + 8% de sabia de la <i>Opuntia ficus-indica</i> .	0	7
• Compresión + 12% de sabia de la <i>Opuntia ficus-indica</i> .	0	7
• Tracción + 4% de sabia de la <i>Opuntia ficus-indica</i> .	0	7
• Tracción + 8% de sabia de la <i>Opuntia ficus-indica</i> .	0	7
• Tracción + 12% de sabia de la <i>Opuntia ficus-indica</i> .	0	7
<b>Total de Pruebas</b>	<b>14</b>	<b>42</b>

Muestreo: por conveniencia de acuerdo a la necesidad del estudio

## 2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se desarrolló las siguientes operaciones:

Análisis documental: Permite estudiar la información en referencias bibliográficas (tesis, revistas, libros, artículos de investigación, etc.), además nuestra propuesta está sujeto a la aplicación de la norma A.080 del RNE.

Prueba de laboratorio: facilita el registro los procesos y la descripción de las acciones desarrolladas dentro del laboratorio de ensayos durante el análisis de resistencia mecánica de los bloques del adobe convencional como también de los bloques de adobe mejorado con savia de *Opuntia ficus-indica*.

## 2.7. Procesamiento de datos

### 2.7.1. Identificación taxonómica de la especie

- Colección de muestra de Nopal: se colecto muestras botánicas de individuos vivos de nopal. Se realizará con la ayuda de una tijera de podar. La colección cuenta con 2 ejemplares botánicos, los que serán prensados utilizando papel periódico, sobre el cual se colocará el código del cactus. Su preservado se realizó con alcohol al 70°, para después ser traslado al Herbario KUELAP de

la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la UNTRM, donde posteriormente fueron secadas.

- La identificación de la muestra botánica: Se realizó por medio del estudio comparativo de los ejemplares recolectados con los que se encuentran en el Herbario KUELAP- UNTRM. Asimismo, se contará con el apoyo de especialistas. Los duplicados de las muestras quedarán depositados y apropiadamente acondicionados en el Herbario FICA-UNTRM. La *Opuntia ficus-indica*, se extraerá del centro poblado Casual ubicado en: Departamento: Amazonas, Provincia: Bagua, Distrito: Bagua, Centro Poblado: Casual. Las paletas de la *Opuntia ficus-indica*, se cortan utilizando un machete o cuchillo, debe cubrirse las manos con guante de cuero.
- Tenga en cuenta que hay varias formas de extraer el extracto de *Opuntia ficus-indica*. Una de ellas es abrirlos por la mitad y usar una cuchara para mezclar el extracto y convertirlo en un jugo pegajoso con ayuda de una licuadora, lo cual genera más esfuerzo, pero se obtienen resultados en menos tiempo. Sin embargo, existen otras técnicas como picar, licuar y cocinar. Autores como Kandasamy et al. (2019) realizaron una comparación entre métodos y concluyeron que una mejor práctica económicamente viable es el proceso de inmersión. Para ello, primero se debe lavar muy bien la *Opuntia ficus-indica* para eliminar las espinas que hayan podido quedar durante la extracción. A continuación, los tallos se cortan en rodajas de unos 30 mm y finalmente se sumergen en un recipiente. Los días de inmersión pueden variar según la temporada (Ramdani, et al., 2022). El tiempo de remojo debe ser de 15 a 25 días en invierno (15 a 20 °C, 82 a 92 % de humedad relativa) y de 7 a 14 días en verano (20 a 25 °C, 76 a 88 % de humedad relativa) indica Por otro lado, (Nyasembe, et al., 2021) sugirió que las mejores condiciones de inmersión eran 18 días (20 °C, 82-92% de humedad relativa) o 7-14 días (20-25 °C, 77-88 % de humedad relativa). Esto significa que el período de alta temperatura requiere un tiempo de remojo de 7 a 15 días y el período de baja temperatura requiere un tiempo de remojo de 15 días o más para obtener una sustancia gomosa como se describe (Youssef, et al., 2016).

### 2.7.2. Caracterización de los materiales con lo que va a elaborar el adobe

- Se realizó la visita al sector Brujo Pata, distrito de Bagua, Provincia de Bagua, para escoger el suelo arcilloso de mejor comportamiento, para poder realizar los ensayos que manda la Norma E – 080, los cuales son: ensayo de cinta de barro y lo que es el ensayo de Resistencia Seca, esto para corroborar si el suelo contiene arcilla.



**Figura 2.** Diagrama de Flujo para la fabricación del adobe

- Mezclado: Mezclando los materiales secos, mezclando la tierra con o sin aditivos en proporciones definidas por la gama de tipos, añadiendo gradualmente un 12,7% de humedad y envolviendo, dando como resultado una masa uniforme, Se humedece toda la mezcla con agua.
- Prensado: Una vez lista la mezcla, proceder al moldeado y verter la masa húmeda en la matriz de compactación, asegurándose de que se distribuya uniformemente y ocupe todo el volumen de la caja. Debe evitar cavidades en las esquinas y asegurarse de que la masa esté vertical antes de compactar. La compresión se realiza a la presión especificada, teniendo en cuenta estas

precauciones. Las dimensiones del molde utilizado fueron 15 x 30 x 10 (correspondientes a las especificaciones de la norma E-080).

- **Secado:** Después de prensar el material, los bloques se retiran del molde, se transportan a un lugar plano para su secado y se colocan sobre una superficie plana que se ha limpiado de paja y escombros. El secado se realiza a temperatura ambiente, pero protegido del sol, la lluvia y las corrientes de vientos fuertes. El tiempo de secado está determinado por las condiciones ambientales. Después de 3 o 4 días, voltee la superficie expuesta para que se seque uniformemente. El tiempo de secado para este tipo de arcilla estabilizada de baja humedad es de aproximadamente 14 a 21 días, o hasta que se produzca la estabilización higroscópica.
- **Acopio: Recolección:** Los adobes compactados se apilan hasta 1 metro de altura, se verifica su calidad y se raspan las partes posibles donde estaban en contacto con el suelo para eliminar la suciedad y el polvo que puedan haber quedado atrapados. El objetivo es que el bloque esté libre de grietas, mantenga la verticalidad y esté listo para las pruebas mecánicas.

### **2.7.3. Pruebas para identificar el suelo arcilloso de mejor comportamiento**

- **Prueba de Sedimentación:** El propósito para esta prueba es identificar de manera correcta los suelos a través de la decantación, para ello se disuelve o muele una porción de tierra para ser puesta en una botella y a la vez añadirle la cantidad igual de agua, se agita para después dejar reposar hasta ver que el agua quede clara. Para adelantar la sedimentación se añade una cucharada de sal al agua, por ende, las arenas decaerán en primer lugar ya que son pequeñas partículas seguidas por los linos y finalmente decaerán las arcillas ya que estas son ligeras partículas.
- **Prueba de Cinta de barro:** Con esta prueba se verifica el grado de plasticidad del material. Para ello una parte de la tierra se amasa con ayuda de agua y en una superficie plana, haciendo cintillas de 20 cm para ser alzada, si esta se rompe a una longitud mayor de 15cm. Estaríamos hablando de un suelo arcilloso, por otro lado, si se rompe entre 5 y 15 cm estaríamos hablando de un suelo adecuado para fabricar adobes.

- Prueba presencia de arcilla o Resistencia seca: Se elaboran bolitas para ser secados por un periodo de 24 horas, una vez transcurrido la hora se presiona con la ayuda de los dedos, si esta se pulveriza el suelo tiene abundancia arena, pero si este no se fractura el suelo tendría mucha arcilla, pero si se fractura en grandes trozos no necesitan arena.

#### **2.7.4. Procesamiento para propiedades mecánicas**

- Se escogió un suelo que sea arcilloso, la cual no debe contener piedras grandes, ni materias orgánicas, este deberá ser tamizado por una malla de 3/8.
- El diseño establecido se procedió con la elaboración del adobe convencional y del adobe con incorporación de Savia de la *Opuntia ficus-indica*.
- Se añadió agua a la mezcla para formar barro, dando vueltas con la ayuda de una palana, poco a poco se le fue añadiendo pajilla de arroz esto con el fin de prevenir que el adobe al momento de secar se fisure, luego poco a poco se le va añadiendo savia de la *Opuntia ficus-indica*, de acuerdo a los porcentajes establecidos
- Cuando la mezcla está lista, se selecciona un lugar que sea plano y que esté limpio, cubriendo la superficie con pajilla de arroz con el fin de que el adobe con quede pegado en la tierra.
- La mezcla se le lanza con fuerza hacia el interior del molde con la ayuda de las manos, esto hasta que la mezcla sobresalga de la adobera, después se le nivela al ras del molde.
- Después de 15 días de secado los bloques de adobes se ponen de canto uno tras otro, para que se seque parcialmente.
- Se protegió de las lluvias para ello se le puso en un lugar donde se sequen gradualmente. Ya pasado los 28 días, procedimos a llevar los adobes al laboratorio para realizar los ensayos.
- Se hicieron ensayos de resistencia a la compresión, tracción tanto del adobe convencional(común) como del adobe con incorporación de Savia de la *Opuntia ficus-indica*.

### **2.7.5. Procesos realizados en el tratamiento estadístico de datos**

De acuerdo a Hernández, et al., (2014) el diseño de investigación aplicó estadística deductiva a través del aplicativo SPSS, el cálculo de correlación de Pearson determinó la relación entre dos o más variables. El primero evalúa las variables de resistencia máxima de la compresión en kg/cm<sup>2</sup> y la carga de rotura en Kn. Las pruebas analizadas son 7 del adobe convencional 0% de SOF frente a 21 pruebas del adobe mejorado con adición del 4, 8, y 12% de SOF. Para la segunda evaluación la variable carga de rotura de la tracción (kgf convertido en KN;  $\text{kn a kgf} = \text{kn} * 102$  y  $\text{kgf a kn} = \text{kgf} / 102$ ) frente al módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>), fueron 7 pruebas normales del adobe convencional 0% de SOF frente a 21 pruebas del adobe mejorado con adición del 4, 8, y 12% de SOF. Los datos procesados se registran en el anexo 4 y 5.

### III. RESULTADOS

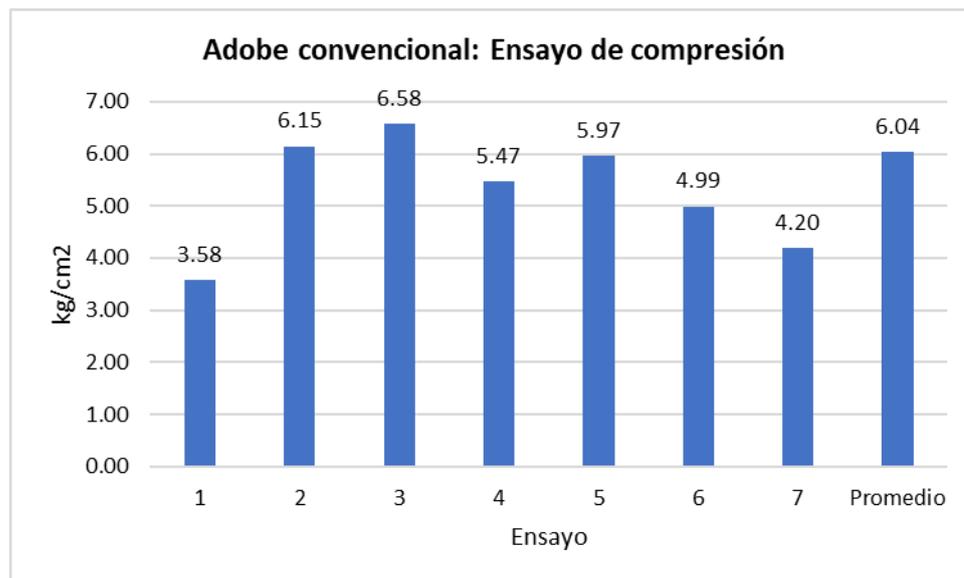
A continuación, se presentan los resultados de acuerdo a los objetivos propuestos:

#### 3.1. Análisis de la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional

Tabla 6.

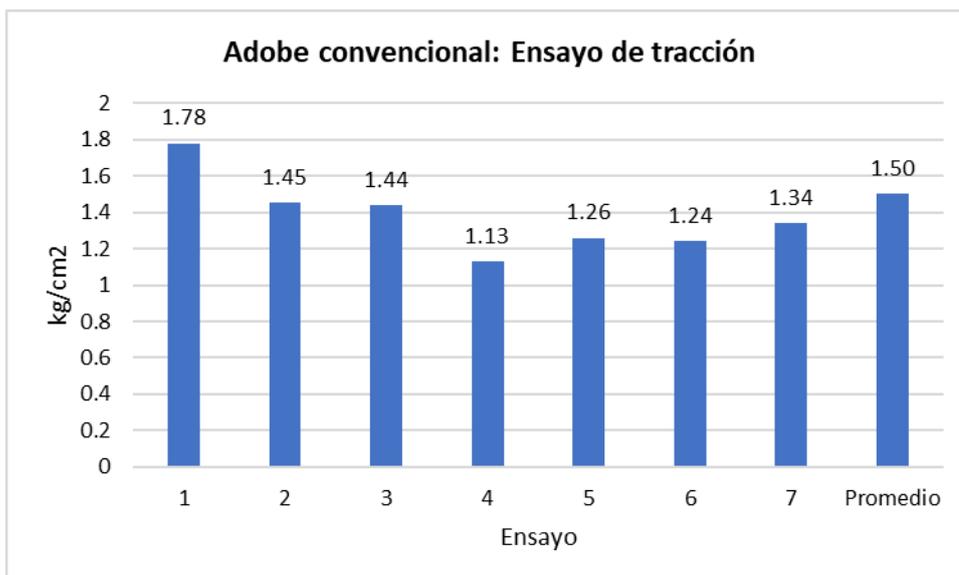
*Resistencia a la compresión y tracción del adobe convencional*

Prueba	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Compresión (Resistencia Máxima)	Tracción (Módulo de rotura)
1	3.58	1.78
2	6.15	1.45
3	6.58	1.44
4	5.47	1.13
5	5.97	1.26
6	4.99	1.24
7	4.20	1.34
<b>Promedio</b>	<b>6.04</b>	<b>1.50</b>



**Figura 3.** Representación gráfica de los resultados del ensayo de compresión en adobe convencional

**Nota:** El promedio de los 7 ensayo es de 6.04 kg/cm<sup>2</sup>.en compresión, de acuerdo a la NTP E080 los indicadores mínimos para compresión es 10.20 kgf/cm<sup>2</sup> y en tracción es 0.81 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, en compresión ninguna prueba supera al mínimo, mientras que en tracción todas las pruebas son aceptables.



**Figura 4.** Representación gráfica de los resultados del ensayo de tracción en adobe convencional

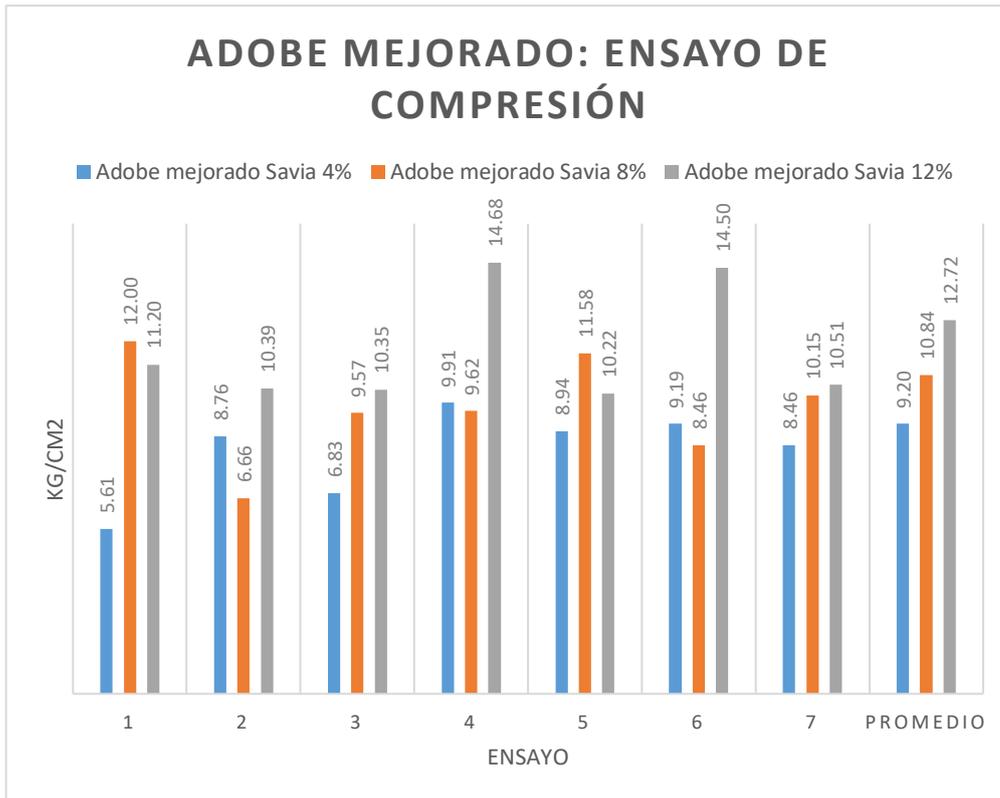
### 3.2. Análisis de la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe mejorado con integración de savia de la *Opuntia ficus-indica* (SOf).

**Tabla 7.**

*Resistencia a la compresión y tracción del adobe mejorado*

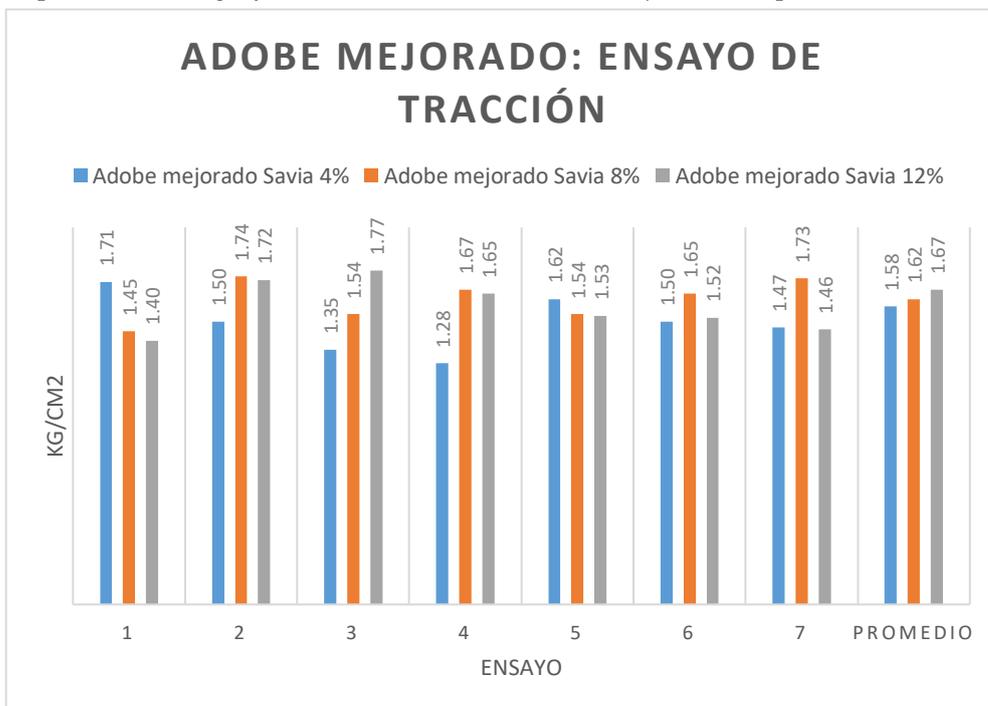
Prueba	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )					
	Compresión			Tracción		
	Rmax 4%	Rmax 8%	Rmax 12%	Mrot 4%	Mrot 8%	Mrot 12%
1	5.61	<b>12.00</b>	<b>11.20</b>	1.71	1.45	1.40
2	8.76	6.66	<b>10.39</b>	1.50	1.74	1.72
3	6.83	9.57	<b>10.35</b>	1.35	1.54	1.77
4	9.91	9.62	<b>14.68</b>	1.28	1.67	1.65
5	8.94	<b>11.58</b>	<b>10.22</b>	1.62	1.54	1.53
6	9.19	8.46	<b>14.50</b>	1.50	1.65	1.52
7	8.46	10.15	<b>10.51</b>	1.47	1.73	1.46
Promedio	9.20	10.84	12.72	1.58	1.62	1.67

Nota: las pruebas de mayor aceptación en compresión son la 1 y 5 de adición del 8% de SOf. Sin embargo, todas las pruebas de 12% son aceptables al igual que los ensayos de tracción cumplen con la NTP E080.



**Figura 5.**

*Representación gráfica de los resultados del ensayo de compresión en adobe mejorado*



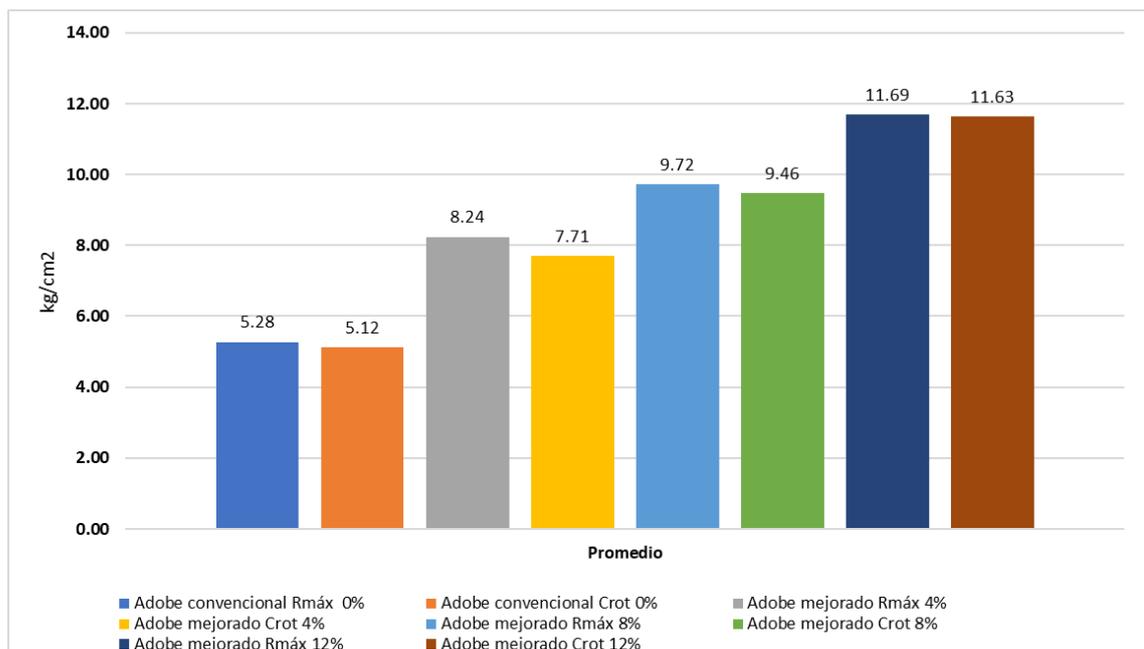
**Figura 6.** *Representación gráfica de los resultados del ensayo de compresión en adobe mejorado*

### 3.3. Contratación la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional con el adobe mejorado

**Tabla 8.**

*Comparación de resistencia a la compresión del adobe convencional y mejorado (kg/cm<sup>2</sup>)*

Ensayo	Adobe convencional				Adobe mejorado			
	Rmáx 0%	CR 0%	Rmáx 4%	CR 4%	Rmáx 8%	CR 8%	Rmáx 12%	CR 12%
1	3.58	3.20	5.61	5.45	<b>12.00</b>	<b>10.29</b>	<b>11.20</b>	<b>10.33</b>
2	6.15	5.91	8.76	8.50	6.66	6.96	<b>10.39</b>	<b>10.60</b>
3	6.58	6.45	6.83	6.43	9.57	9.38	<b>10.35</b>	<b>10.77</b>
4	5.47	5.31	9.91	8.40	9.62	8.60	<b>14.68</b>	<b>14.54</b>
5	5.97	5.62	8.94	8.50	<b>11.58</b>	<b>13.61</b>	<b>10.22</b>	<b>10.33</b>
6	4.99	5.29	9.19	8.70	8.46	8.05	<b>14.50</b>	<b>14.65</b>
7	4.20	4.04	8.46	7.96	10.15	9.36	<b>10.51</b>	<b>10.20</b>
<b>Promedio</b>	<b>5.28</b>	<b>5.12</b>	<b>8.24</b>	<b>7.71</b>	<b>9.72</b>	<b>9.46</b>	<b>11.69</b>	<b>11.63</b>



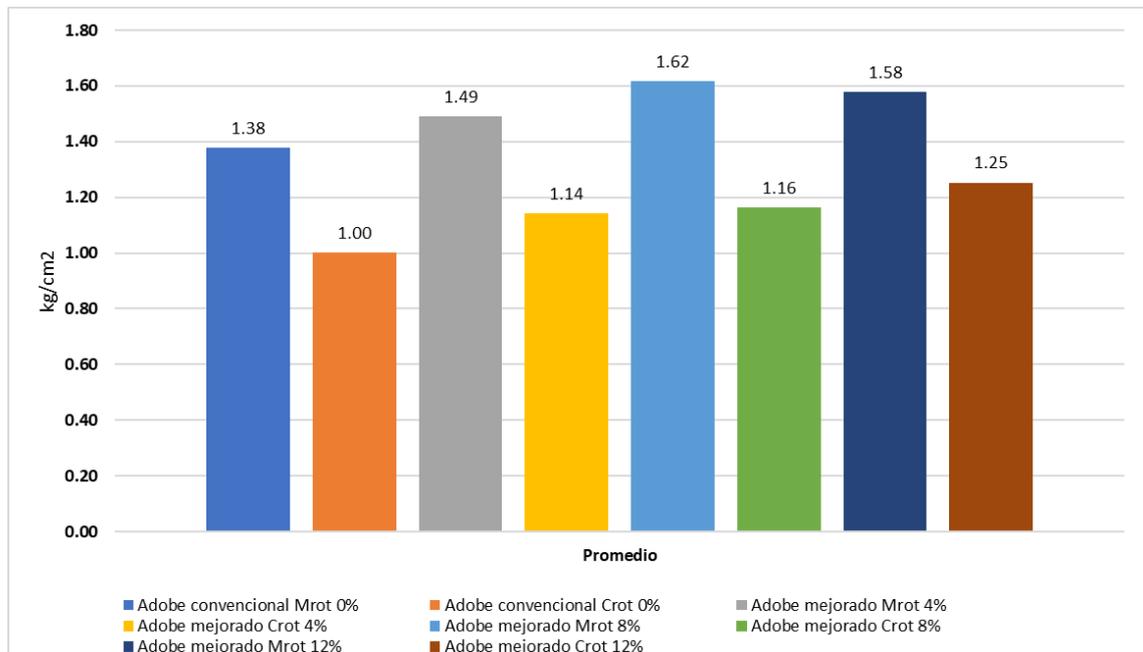
**Figura 7.** Comparación de promedios de la resistencia máxima y carga de rotura a la compresión del adobe convencional y el mejorado con 4, 8 y 12% de SOF.

Nota: las pruebas de mayor aceptación en compresión son la 1 y 5 de adición del 8% de SOF. Sin embargo, todas las pruebas de 12% son aceptables, cumplen con la NTP E080. Esto demuestra mejor resistencia mecánica en comparación con el adobe convencional.

**Tabla 9.**

*Comparación a la resistencia de la tracción del adobe convencional y mejorado (kg/cm<sup>2</sup>)*

Ensayo	Adobe convencional				Adobe mejorado			
	Mrot	C.rot.	Mrot	C.rot.	Mrot	C.rot.	Mrot	C.rot.
	0%	0%	4%	4%	8%	8%	12%	12%
1	1.78	1.10	1.71	1.13	1.45	1.03	1.40	1.20
2	1.45	1.15	1.50	1.18	1.74	1.14	1.72	1.27
3	1.44	0.97	1.35	1.16	1.54	1.19	1.77	1.26
4	1.13	0.86	1.28	1.09	1.67	1.16	1.65	1.29
5	1.26	0.98	1.62	1.20	1.54	1.19	1.53	1.25
6	1.24	0.99	1.50	1.15	1.65	1.23	1.52	1.28
7	1.34	0.95	1.47	1.11	1.73	1.22	1.46	1.23
<b>Promedio</b>	<b>1.38</b>	<b>1.00</b>	<b>1.49</b>	<b>1.14</b>	<b>1.62</b>	<b>1.16</b>	<b>1.58</b>	<b>1.25</b>



**Figura 8.** Comparación de promedios de la carga de rotura y el módulo de rotula a la tracción del adobe convencional y el mejorado al 4, 8 y 12% de SOF

Nota: Todas las pruebas tienen aceptación en resistencia a la tracción, cumplen con la NTP E080. Esto demuestra mejor resistencia mecánica en comparación con el adobe convencional. Sin embargo, los resultados del adobe convencional son superiores al adobe tradicional.

**Tabla 10.**

*Correlación a la resistencia mecánica del adobe convencional y mejorado (kg/cm<sup>2</sup>)*

Resistencia mecánica			Resistencia máxima	Carga de rotura		Resistencia mecánica	Módulo de rotura	Carga de rotura	
C. 0%	Resistencia máxima	C. Pearson	1	,980**	T.0%	Módulo de rotura	C. Pearson	,733	
		Sig. (bilateral)	,000	,000			Sig. (bilateral)	,061	
	Carga de rotura	C. Pearson	,980**	1		Carga de rotura	C. Pearson	,733	1
		Sig. (bilateral)	,000	,000			Sig. (bilateral)	,061	,000
C.4%	Resistencia máxima	C. Pearson	1	,962**	T.4%	Módulo de rotura	C. Pearson	,422	
		Sig. (bilateral)	,000	,001			Sig. (bilateral)	,345	
	Carga de rotura	C. Pearson	,962**	1		Carga de rotura	C. Pearson	,422	1
		Sig. (bilateral)	,001	,000			Sig. (bilateral)	,345	,000
C.8%	Resistencia máxima	C. Pearson	1	,827*	T.8%	Módulo de rotura	C. Pearson	,536	
		Sig. (bilateral)	,000	,022			Sig. (bilateral)	,215	
	Carga de rotura	C. Pearson	,827*	1		Carga de rotura	C. Pearson	,536	1
		Sig. (bilateral)	,022	,000			Sig. (bilateral)	,215	,000
C.12%	Resistencia máxima	C. Pearson	1	,978**	T.12%	Módulo de rotura	C. Pearson	,670	
		Sig. (bilateral)	,000	,000			Sig. (bilateral)	,100	
	Carga de rotura	C. Pearson	,978**	1		Carga de rotura	C. Pearson	,670	1
		Sig. (bilateral)	,000	,000			Sig. (bilateral)	,100	,000

Nota: La correlación es significativa en el nivel 0,01 y 0,05 (bilateral) existe relación entre variables. Para la compresión (Resistencia máxima y Carga de rotura) y la tracción (Módulo de rotura y Carga de rotura), por lo tanto, se admiten los resultados del laboratorio.

#### IV. DISCUSIÓN

En primer lugar, los hallazgos confirman que el adobe convencional presenta limitaciones en términos de resistencia mecánica, ya que los valores obtenidos en los ensayos de compresión no cumplen con los indicadores mínimos establecidos en la norma NTP E-080. Esto es consistente con los estudios de Bolaños (2016) y Muñoz et al. (2020), quienes también encontraron que el adobe convencional exhibe una resistencia mecánica inferior a los valores requeridos por las normas técnicas.

En contraste, los resultados demuestran que el adobe mejorado con savia de *Opuntia ficus-indica* presenta una mejora significativa en su resistencia mecánica. Los ensayos de compresión revelaron que los bloques de adobe con adición de savia de *Opuntia ficus-indica* alcanzaron valores superiores a los del adobe convencional, especialmente en los porcentajes de adición de 8% y 12%. Estos hallazgos están en consonancia con los estudios de Quiroz (2019) y Romero (2020), quienes encontraron que la adición de extracto de *Opuntia ficus-indica* mejoraba significativamente la resistencia mecánica del adobe.

En cuanto a la resistencia a la tracción, tanto el adobe convencional como el adobe mejorado cumplen con los requisitos establecidos en la norma NTP E-080. Sin embargo, los valores obtenidos en el adobe mejorado con savia de *Opuntia ficus-indica* son ligeramente superiores a los del adobe convencional. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Romero (2020), quienes observaron mejoras en la resistencia a la tracción del adobe mediante la incorporación de aditivos orgánicos.

La comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con los antecedentes utilizados muestra la coherencia y consistencia entre los diferentes estudios. La adición de savia de *Opuntia ficus-indica* ha demostrado ser efectiva para mejorar la resistencia mecánica del adobe, tanto en compresión como en tracción. Estos resultados respaldan la hipótesis planteada en esta investigación y confirman la viabilidad de utilizar la savia de *Opuntia ficus-indica* como aditivo en el adobe para mejorar su desempeño estructural.

Es importante destacar que la metodología utilizada en este estudio contribuye a la validez y confiabilidad de los resultados. La preparación de muestras con diferentes porcentajes de adición de savia de *Opuntia ficus-indica* y la realización de ensayos según las normas establecidas en la NTP E-080 garantizan la precisión y reproducibilidad de los resultados. Además, se llevó a cabo un análisis estadístico para evaluar la correlación

entre las variables y determinar la significancia de los resultados, lo que fortalece la robustez de los hallazgos.

A pesar de las fortalezas de este estudio, también existen algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta. En primer lugar, la investigación se centró únicamente en evaluar la resistencia mecánica del adobe mejorado con savia de *Opuntia ficus-indica*, dejando de lado otros aspectos como la durabilidad, la estabilidad dimensional y la resistencia a condiciones ambientales adversas. Sería interesante realizar estudios adicionales para abordar estas áreas y comprender mejor el desempeño global del adobe mejorado.

Otra limitación se relaciona con la disponibilidad y accesibilidad de la savia de *Opuntia ficus-indica* en diferentes regiones. Si bien este estudio demuestra su efectividad como aditivo para mejorar la resistencia del adobe, es importante considerar la viabilidad económica y logística de utilizar este recurso en la práctica. Se necesitarían investigaciones adicionales para explorar alternativas y aditivos similares que sean más fácilmente accesibles y sostenibles en diferentes contextos.

A pesar de estas limitaciones, la relevancia de esta investigación radica en su aporte al campo de los materiales de construcción sostenibles y en la mejora de la resistencia mecánica del adobe. Los resultados obtenidos respaldan la literatura científica existente y demuestran que la incorporación de savia de *Opuntia ficus-indica* puede ser una estrategia efectiva para aumentar la resistencia del adobe. Esto es especialmente relevante en comunidades donde el adobe es ampliamente utilizado como material de construcción, ya que puede contribuir a la seguridad y durabilidad de las estructuras.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos propuesto se determinó las siguientes conclusiones:

Se analizó la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe convencional, según las NTP E-080 en resistencia a la compresión no logra cumplir con el indicador mínimo además en tracción si logra admitir todas las pruebas presentadas.

- a) Se analizó la resistencia mecánica en compresión y tracción del adobe mejorado con integración de savia de la *Opuntia ficus-indica*, se evidenciaron resistencias superiores a los bloques de adobes convencionales. Los ensayos de resistencia a compresión de los bloques de adobes tienen una resistencia de 6.04 kg/cm<sup>2</sup> para la muestra patrón, y para los porcentajes de 4%, 8% y 12% presentan valores de 9.20 kg/cm<sup>2</sup>, 10.84 kg/cm<sup>2</sup> y 12.72 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente siendo el de 12% que cumple con lo que especifica la norma E-080, el cual indica una resistencia mínima de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>.
- b) Mientras que la resistencia del ensayo a tracción de los adobes convencional es de 1.50 kg/cm<sup>2</sup> y para los adobes incorporados savia de *Opuntia ficus-indica*, con porcentajes de 4%, 8% y 12% presentan valores de 1.58 kg/cm<sup>2</sup>, 1.62kg/cm<sup>2</sup> y 1.67 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, con estos resultados se observa que ambos tanto el convencional como el de los incorporados con savia de *Opuntia ficus-indica*. Cumplen con la resistencia a tracción mayor a 0.81kg/cm<sup>2</sup> como está estipulado en el artículo 8.2 de la NTP E-080, siendo la de mejor resistencia la de 12% de savia de *Opuntia ficus-indica*. Obteniendo un valor de 1.67kg/cm<sup>2</sup>.
- c) Se contrasto que la resistencia mecánica a compresión en los adobes convencional no cumple, mientras que los bloques de adobe mejorado, solo el de 12% cumple con la norma E-080, en comparación con el ensayo a tracción los bloques de adobe convencionales con los bloques mejorados ambos cumplen por lo establecido en la norma E-080 siendo el mejor resistente a tracción el de 12%.

## VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Dado que los resultados obtenidos son positivos ya que con la incorporación de la Savia *Opuntia sp* se ha mejorado la resistencia a la compresión y tracción, se sugiere evaluar la disponibilidad de esta especie de cactus en la zona, a fin de evaluar la posibilidad de recomendar su uso fomentando prácticas sostenibles y responsables para la recolección de la savia, asegurándose de no dañar la planta y respetando el equilibrio ecológico local.
- ✓ Además de evaluar la parte ambiental, se sugiere también evaluar la parte económica, a fin de conocer el costo que tendría construir con adobe mejorado y con ello determinar el beneficio que se obtendría al usar este tipo de adobe en comparación a las otras ofertas disponibles en el mercado.
- ✓ Continuar con la investigación haciendo ensayos de pilas y muretes como nos dice la norma E-080. Realizar el comportamiento sísmico con ayuda de una plataforma la cual permite la inclinación para medir el ángulo de colapso de los muros de adobes convencional o con incorporación de Savia de *Opuntia ficus-indica*, con la maquina CINVA RAM a escala real.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benites, V. (2017). Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*Furcraea andina*) (Tesis de grado). Universidad de Piura. Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2993/ICI\\_237.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2993/ICI_237.pdf)
- Elizarraraz, K. (2020). Proceso de Restauración a Base de Morteros con Aditivo Orgánico. (Tesis de Grado). Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/2258>
- Baldoceca, V. (2019). Aplicación de la savia de nopal como impermeabilizador en construcciones de adobe en el barrio Cecilio Limaymanta de Tarma – Junín (Tesis de Grado). Universidad Católica Sedes Sapientiae. Recuperado de <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/733>
- Nieto, L., y TELLO, E. (2019). Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/628256>
- Bolaños, J. (2016). Resistencia a compresión, tracción y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca. <https://hdl.handle.net/11537/10482>
- Quintana, D., y Vera, M. (2017). Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total del agua en peso por Mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100% (Tesis de grado). Universidad Andina del Cuzco. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1212>
- Aranda, Y., y García, V. (2016). Efectos de utilización de savias vegetales en bloques de tierra comprimida a la prueba de abrasión. *Legado De Arquitectura Y Diseño*, 11(19), 101-110. Recuperado de <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/14969>

- Pinzón, J., y Benítez, A. (2018). Desarrollo de recubrimiento natural (Nopal) para Fachadas en viviendas en adobe de la Candelaria (Tesis de Grado). Universidad La Gran Colombia. Recuperado de <http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3368>
- García, I. (2017). Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León-Oaxaca, México. Recuperado de [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/13322.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/13322.pdf)
- Quiroz Ñontol, E. E. (2019). Resistencia a la compresión y tracción del adobe compactado con sustitución de flakes de tereftalato de polietileno y fibras de lana. Tesis de titulación. Universidad Privada del Norte. 105 pp. Cajamarca, Perú. <https://hdl.handle.net/11537/21545>
- Ramakrishnan , S., Loganayagan , S., Kowshika , G., Ramprakash , C., Aruneshwaran , M. (2020). Bloques de adobe reforzados con fibras naturales: una revisión. Elsevier Ltd. 45, págs. 6493-6499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.377>
- Konkobo , FA, Savadogo , PW, Diao , M., Dakuyo , R., Dicko , MH (2023). Evaluación de la eficacia de algunos extractos de plantas locales para mejorar la calidad del agua insalubre consumida en países en desarrollo. 11, arte. No. 1134984. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1134984>
- Savary, M., Mehdizadeh Saradj , F., Shaygan Manesh , M., Tahmasebiboldaji , N., Kazemi, AS (2020). Mejora de las propiedades del material de adobe mediante el procesamiento de materiales con láser. Elsevier Ltd. 249, art. No. 118591. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118591>
- Muñoz, P., Letelier, V., Muñoz, L., Bustamante, MA (2020). Ladrillos de adobe reforzados con desechos de papel y pulpa que mejoran las propiedades térmicas y mecánicas. 254, art. No. 119314. DOI de Elsevier Ltd.: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119314>

- Concytec (2018). Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica - reglamento RENACYT. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. Lima Perú.  
[https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento\\_renacyt\\_version\\_final.pdf](https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. México DF: MacGraw Hill Education. INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Kandasamy, K., Venkatesh, M., Syed Khadar, YA, Rajasingh, P. (2019). Síntesis verde en un solo recipiente de puntos cuánticos de CdS utilizando Opuntia savia de la fruta ficus-indica. 26, págs. 3503-3506. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.003>
- Ramdani, C., El Fakhouri, K., Boulamtat, R., Bouharroud, R., Mesfioui, A., Al- Jaboobi, M., El Bouhssini, M. (2022). Hongos entomopatógenos como agentes de control biológico de *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) en condiciones de laboratorio e invernadero. 6, arte. No. 997254. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.997254>
- Nyaseembe, VO, Tchouassi, DP, Muturi, MN, Pirk, CWW, Sole, CL, Torto, B. (2021). La calidad de los nutrientes de las plantas afecta la supervivencia y la aptitud reproductiva del vector del dengue *Aedes aegypti*. 14 (1), art. No. 4. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04519-y>
- Youssef, HH, Hamza, MA, Fayed, M., Mourad, EF, Saleh, MY, Sarhan, MS, Suker, RM, Eltahlawy, AA, Nemr, RA, El- Tahan, M., Ruppel, S., Hegazi, NA (2016). Medios de cultivo a base de plantas: Apoye de manera eficiente el cultivo de rizobacterias y refleje correctamente su diversidad in situ. 7 (2), págs. 305-316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2015.07.005>
- Romero, I. (2020). Efecto de la aplicación de goma de tuna y viruta, en las propiedades mecánicas del adobe, para viviendas unifamiliares en el Centro Histórico de Cusco, 2019 (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49886>

# **ANEXO**

# ANEXO 1: CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS



FICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
CIENCIA AGRARIA

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

## CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud del Sr. Flavio Cesar Ujukam Quiroz, se proporciona la identidad del espécimen indicado, con la sigla consignada.

La información proporcionada por el solicitante sobre las muestras es:

Lugar de colecta : Centro Poblado Casual  
Distrito : Bagua  
Provincia : Bagua  
Región : Amazonas  
Colector : Flavio Cesar Ujukam Quiroz  
Coordenadas : 9381610N, 771175E

Nº COL	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
1	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	CACTACEAE
2	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	CACTACEAE
3	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	CACTACEAE



Determinador: **Eli Pariente Mondragón, Ing.For. M.Sc.**  
Director del Laboratorio de Dendrología y Herbario UNTRM (KUELAP).

Chachapoyas, 30 de marzo del 2023

Herbario KUELAP, Institución Científica Nacional Depositaria de Material Biológico (ICNDMB), Código de Autorización N° AUT-ICND-2020-001 <http://sniffs.serfor.gob.pe/estadistica/es/tableros/registros-nacionales/instituciones-cientificas-nacionales-depositarias-de-material-biologico>

Calle Higos Urco N° 342 – 350 – 356, Campus Universitario, Chachapoyas, Amazonas, Perú

[www.untrm.edu.pe](http://www.untrm.edu.pe)

## ANEXO 2: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LAS MUESTRAS A COMPRESION

 <b>GRUPO DASAT</b>				<b>FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD</b>						<b>AREA:</b>	<b>LABORATORIO</b>			
										<b>REG. ESTUDIO</b>	<b>048-2022</b>			
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>										<b>DATOS DEL PERSONAL</b>				
<b>PROYECTO:</b>	INTEGRACIÓN DE LA SAVIA DE OPUNTIA SP. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL ADOBE									<b>JEFE DE CALIDAD</b>	Ing. Darwin Y. J. Sanchez Tamay			
<b>MATERIAL:</b>	ADOBE CONVENCIONAL Y CON PROPORCIONES DE 4%, 8% Y 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP									<b>TECNICO QC :</b>	Darlin M. Avellaneda Hernandez			
<b>SOLICITANTE</b>	FLAVIO CESAR UJUKAM QUIROZ									<b>ASISTENTE DE LA</b>	Jhon D. Sanchez Tamay			
<b>MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA (RESISTENCIA A LA COMPRESION)</b>														
<b>NTP 339.613 - ART. 8.1 NORMA E080</b>														
PROBETA N°	Fecha Rotura	Fecha Elaboración	N° días	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN.	f'c kg/cm <sup>2</sup> E.080	Ancho cm	Largo cm	Altura cm	Resistencia Máxima kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c E.080	PROM. (%)	PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )	
M-1	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	3.20	10.20	9.70	9.40	8.40	3.58				
M-2	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	5.91	10.20	9.80	10.00	7.90	6.15	60.29%			
M-3	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	6.45	10.20	10.00	10.00	9.80	6.58	64.48%			
M-4	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	5.31	10.20	10.00	9.90	9.80	5.47	53.62%	59.23%	6.04	
M-5	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	5.62	10.20	9.60	10.00	8.60	5.97	58.53%			
M-6	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	5.29	10.20	10.80	10.00	8.60	4.99				
M-7	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	4.04	10.20	10.00	9.80	8.90	4.20				
M-1	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	5.45	10.20	9.80	10.10	9.50	5.61				
M-2	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	8.50	10.20	9.80	10.10	8.90	8.76	85.85%			
M-3	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	6.43	10.20	9.70	9.90	9.40	6.83				
M-4	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	8.40	10.20	9.60	9.00	9.30	9.91	97.20%	90.19%	9.20	
M-5	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	8.50	10.20	9.70	10.00	9.80	8.94	87.60%			
M-6	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	8.70	10.20	9.70	9.95	9.70	9.19	90.12%			
M-7	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	7.98	10.20	9.80	9.82	10.00	8.46				
M-1	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	10.29	10.20	9.40	9.30	9.50	12.00	117.68%			
M-2	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	6.96	10.20	11.10	9.60	9.50	6.66				
M-3	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	9.38	10.20	10.10	9.90	10.30	9.57				
M-4	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	8.60	10.20	9.30	9.80	9.50	9.62	94.33%	106.26%	10.84	
M-5	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	13.61	10.20	11.20	10.70	9.60	11.58	113.54%			
M-6	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	8.05	10.20	9.80	9.90	9.70	8.46				
M-7	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	9.36	10.20	9.90	9.50	9.10	10.15	99.49%			
M-1	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	10.33	10.20	9.50	9.90	10.00	11.20	109.81%			
M-2	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	10.60	10.20	10.20	10.20	9.50	10.39				
M-3	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	10.77	10.20	10.30	10.30	9.40	10.35				
M-4	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	14.54	10.20	10.00	10.10	8.50	14.68	143.92%	124.72%	12.72	
M-5	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	10.33	10.20	10.20	10.10	9.10	10.22				
M-6	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	14.65	10.20	10.20	10.10	8.40	14.50	142.17%			
M-7	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	10.20	10.20	10.00	9.90	9.50	10.51	103.00%			
<b>OBSERVACIONES</b>				CONTRASTANDO LOS RESULTADOS OBTENIDOS, EL f'c(%) DEL MOLDE DE ADOBE CON PROPORCION DE 8% Y 12% DE SAVIA OPUNTIA SP, CUMPLEN CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESION MAYOR A 10.20 kg/cm2, COMO ESTA ESTIPULADO EN EL ARTICULO 8.1 DE LA NORMA RNE E.080										
<b>NORMAS QUE IMPLICAN EL ENSAYO</b>				NTP 339.613 - ART. 8.1 NORMA E080										

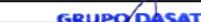
**GRUPO DASAT**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
**DARLIN M. AVELLANEDA HERNANDEZ**  
LABORATORISTA  
CIP N° 7914304

**GRUPO DASAT**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
**DARWIN Y. J. SANCHEZ TAMAY**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 228633

### ANEXO 3: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LAS MUESTRAS A FLEXION

GRUPO DASAT				AREA:	LABORATORIO								
FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD				REG. ESTUDIO	048-2022								
DATOS DEL PROYECTO				DATOS DEL PERSONAL									
PROYECTO:	INTEGRACIÓN DE LA SAVIA DE OPUNTIA SP. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL ADOBE			JEFE DE CALIDAD	Ing. Darwin Y. J. Sanchez Tamay								
MATERIAL:	ADOBE CONVENCIONAL Y CON PROPORCIONES DE 4%, 8% Y 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP			TECNICO QC :	Darlin M. Avellaneda Hernandez								
SOLICITANTE	FLAVIO CESAR UJUKAM QUIROZ			ASISTENTE DE LA	Jhon D. Sanchez Tamay								
<b>MÉTODOS DE MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERIA (RESISTENCIA A LA TRACCION)</b> NTP 339.613 - ART. 8.2 NORMA E.080													
PROBETA N°	Fecha Rotura	Fecha Elaboración	N° días	IDENTIFICACION	Carga Rotura kgf	Dist. Apoyos (cm)	Ancho cm	Altura cm	Peso kg	Módulo de Rotura kg./cm <sup>2</sup>	Porcentaje f'c E.080	PROM. (%)	PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	112.00	16.35	14.90	8.30	6042.30	1.78	220.25%	185.68%	1.50
M-2	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	117.00	16.35	14.90	9.40	6324.40	1.45	179.38%		
M-3	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	99.00	16.35	14.90	8.70	5784.10	1.44	177.19%		
M-4	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	88.00	16.35	15.00	9.20	6241.90	1.13			
M-5	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	100.00	16.35	15.00	9.30	6322.10	1.26			
M-6	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	101.00	16.35	14.95	9.45	6325.30	1.24			
M-7	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CONVENCIONAL	97.00	16.35	14.90	8.90	6142.60	1.34	165.90%		
M-1	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	115.00	16.35	13.90	8.90	5798.10	1.71	210.83%	195.31%	1.58
M-2	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	120.00	16.35	14.80	9.40	6432.60	1.50	185.22%		
M-3	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	118.00	16.35	14.90	9.80	6416.90	1.35			
M-4	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	111.00	16.35	14.50	9.90	6060.40	1.28			
M-5	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	122.00	16.35	14.90	9.10	6002.70	1.62	199.58%		
M-6	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	117.00	16.35	14.40	9.40	5946.80	1.50	185.61%		
M-7	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 4% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	113.00	16.35	14.20	9.40	5968.40	1.47			
M-1	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	105.00	16.35	14.90	8.90	6495.50	1.45		209.75%	1.62
M-2	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	116.00	16.35	14.70	8.60	5964.20	1.74	215.37%		
M-3	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	121.00	16.35	14.50	9.40	6193.40	1.54			
M-4	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	118.00	16.35	14.60	8.90	6290.50	1.67	205.96%		
M-5	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	121.00	16.35	13.90	9.60	6183.70	1.54			
M-6	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	125.00	16.35	14.60	9.20	6396.80	1.65	204.18%		
M-7	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 8% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	124.00	16.35	14.80	8.90	6067.40	1.73	213.51%		
M-1	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	122.00	16.35	14.80	9.80	6346.50	1.40		206.08%	1.67
M-2	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	129.00	16.35	14.50	9.20	6016.20	1.72	212.17%		
M-3	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	128.00	16.35	14.90	8.90	6177.60	1.77	218.92%		
M-4	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	132.00	16.35	15.10	9.30	6214.60	1.65	204.02%		
M-5	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	127.00	16.35	14.40	9.70	5943.40	1.53	189.20%		
M-6	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	131.00	16.35	14.70	9.80	6198.10	1.52			
M-7	30/11/2022	03/11/22	28	MOLDE DE ADOBE CON 12% DE SAVIA DE OPUNTIA SP	125.00	16.35	14.90	9.70	6287.20	1.46			
OBSERVACIONES				CONTRASTANDO LOS RESULTADOS OBTENIDOS, EL Fc(%) DE LOS MOLDES DE ADOBE CONVENCIONAL, Y CON PROPORCION DE 4%, 8% Y 12% DE SAVIA OPUNTIA SP, CUMPLEN CON LA RESISTENCIA A LA TRACCION MAYOR A 0.81 kg/cm2, COMO ESTA ESTIPULADO EN EL ARTICULO 8.2 DE LA NORMA RNE E.080									
NORMAS QUE IMPLICAN EL ENSAYO				NTP 339.613 - ART. 8.2 NORMA E080									

  
**GRUPO DASAT**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
**DARLIN M. AVELLANEDA HERNANDEZ**  
 LABORATORISTA  
 N° 1 91430\*

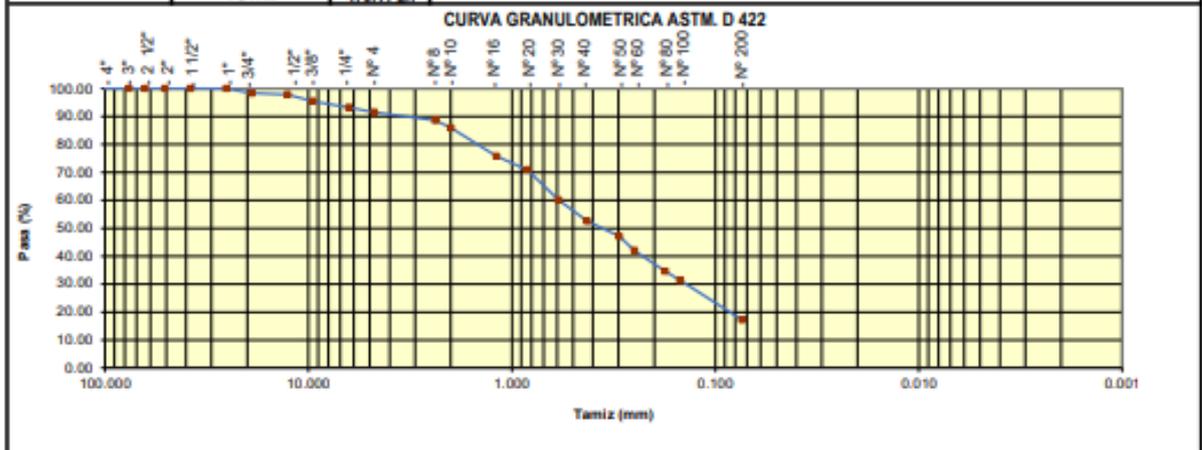
  
**GRUPO DASAT**  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
**DARWIN Y. J. SANCHEZ TAMAY**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 228033

## ANEXO 4: RESULTADOS DE ENSAYO GRANULOMETRICO

	<b>GRUPO DASAT - LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>		AREA:	LABORATORIO
	<b>FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD</b>		REG. ESTUDIO:	038-2022
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			<b>DATOS DEL PERSONAL</b>	
PROYECTO:	TESIS: INTEGRACIÓN DE LA SAVIA DE OPUNTIA SP. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL ADOBE		JEFE DE CALIDAD	ING. DARWIN SANCHEZ TAMAY
UBICACION:	LOCALIDAD DE BAGUA		TEC. LAB.:	DARLIN AVELLANEDA HERNANDEZ
SOLICITANTE:	FLAVIO CESAR UJUKAM QUIROZ		ASISTENTE LAB.:	JHON SANCHEZ TAMAY
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>			<b>CLASIFICACION DEL SUELO SUCS</b>	
ESPECIMEN:	C-01		CLASIFICACION DEL SUELO	Arena arcillosa SC
MUESTRA:	M-01	FECHA:	03/10/2022	

### STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - ASTM D 422 METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

		TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	P. RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% RET. ACUMULA	% QUE PASA	MUESTRA TOTAL HUMEDA			
FRACCION GRUESA	PIEDRA O CANTOS	4"	101.600	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	TEMPERATURA DE SECADO	110 °C		
		3"	76.200	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)	477.44 gr.		
	GRAVA	GRUESA	2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	FACTOR PARA PESO RETENIDO EN FRACCION FINA	74.3%	
			2"	50.800	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			
			1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			
			1"	25.400	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			
		FINA	3/4"	19.050	7.82	7.82	1.66%	1.66%	98.34%	<b>MUESTRA TOTAL SECA</b>		
			1/2"	12.700	2.15	9.97	0.46%	2.12%	97.88%	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	335.68 gr.	
			3/8"	9.525	11.57	21.54	2.46%	4.58%	95.42%	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N°04 (gr)	7.99 gr.	
			1/4"	6.350	10.32	31.86	2.19%	6.77%	93.23%	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	470.41 gr.	
FRACCION FINA	ARENA	GRUESA	N° 4	4.750	7.99	39.85	1.70%	8.47%	91.53%	<b>ANALISIS FRACCION FINA</b>		
			N° 8	2.380	13.76	53.61	2.93%	11.40%	88.60%	TOTAL	WG = 39.86	
		MEDIA	N° 10	2.000	12.17	65.78	2.59%	13.98%	86.02%	<b>ANALISIS FRACCION FINA</b>		
			N° 16	1.190	48.31	114.09	10.27%	24.25%	75.75%	% QUE PASA	MALLA N°04	91.53%
			N° 20	0.840	22.62	136.71	4.81%	29.06%	70.94%	FRACCION SECA	S=	291.6
			N° 30	0.590	50.73	187.44	10.78%	39.85%	60.15%			
			N° 40	0.426	35.77	223.21	7.60%	47.45%	52.55%			
			N° 50	0.297	25.71	248.92	5.47%	52.92%	47.08%			
			N° 60	0.250	23.71	272.63	5.04%	57.96%	42.04%			
			N° 80	0.177	35.06	307.68	7.45%	65.41%	34.59%			
N° 100	0.149	15.32	323.00	3.26%	68.66%	31.34%						
N° 200	0.074	66.29	389.29	14.09%	82.76%	17.24%						
		FONDO	0.010	81.12	470.41	17.24%	100.00%	0.00%				
		<b>TOTAL</b>		<b>470.41 gr.</b>								



D60=	0.59	D30	0.141886936	D10 =	
Cu =		Cc =			

OBSERVACIONES	LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA (ASTM D 2487 - STANDARD CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES), Y SE CLASIFICA COMO UN SUELO DE: Arena arcillosa SC
NORMAS QUE IMPLICAN EL ENSAYO	MTC E 204 - MTC E205 - NTP 400.022 - MTC E 201 - ASTM C128 - AASTHO T84

**GRUPO DASAT**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*[Signature]*  
**JHON D. SANCHEZ TAMAY**  
ASISTENTE DE LABORATORIO  
TEL: 051 752093401

**GRUPO DASAT**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*[Signature]*  
**DARLIN M. AVELLANEDA HERNANDEZ**  
LABORATORISTA  
TEL: 051 7514380

**GRUPO DASAT**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*[Signature]*  
**DARWIN J. SANCHEZ TAMAY**  
INGENIERO CIVIL  
CP: 22603

	GRUPO DASAT - LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		AREA:	LABORATORIO
	FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD		REG. ESTUDIO:	038-2022
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO:	TESIS: INTEGRACIÓN DE LA SAVA DE OPUNTIA SP. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL ADOBE		JEFE DE CALIDAD	ING. DARWIN SANCHEZ TAMAY
UBICACION:	LOCALIDAD DE BAGUA		TEC. LAB.:	DARLIN AVELLANEDA HERNANDEZ
SOLICITANTE:	FLAVIO CESAR UJUKAM QUIROZ		ASISTENTE LAB.:	JHON SANCHEZ TAMAY
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACIÓN DEL SUELO SUCS	
ESPECIMEN:	C-01		CLASIFICACIÓN DEL SUELO	Arena arcillosa SC
MUESTRA:	M-01	FECHA:	03/10/2022	

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK - ASTM. D 2216  
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

ESPECIMEN:	C-01		
MUESTRA:	M-01		
ENSAYO:	D-07	D-08	T-13
W (tara + M. Humeda) gr.	104.21	97.93	563.19
W (tara + M. Seca) gr.	94.56	88.82	504.81
W agua (gr)	9.65	9.11	58.38
W tara (gr)	35.73	35.71	134.55
W Muestra Seca (gr)	58.83	53.11	370.26
W (%)	16.40%	17.15%	15.77%
<b>W (%) Promedio :</b>	<b>16.44%</b>		

OBSERVACIONES	El Contenido de Humedad de la muestra de suelo extraído en la Calicata C-01, presenta un W(%) Promedio de 16.45%
NORMAS QUE IMPLICAN EL ENSAYO	MTC E 108 - ASTM D 2216 - ASTM D 4220-89

GRUPO DASAT  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
JHON D. SANCHEZ TAMAY  
ASISTENTE DE LABORATORIO  
IDM N° 75208341

GRUPO DASAT  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
DARLIN M. AVELLANEDA HERNANDEZ  
LABORATORISTA  
IDM N° 11914395

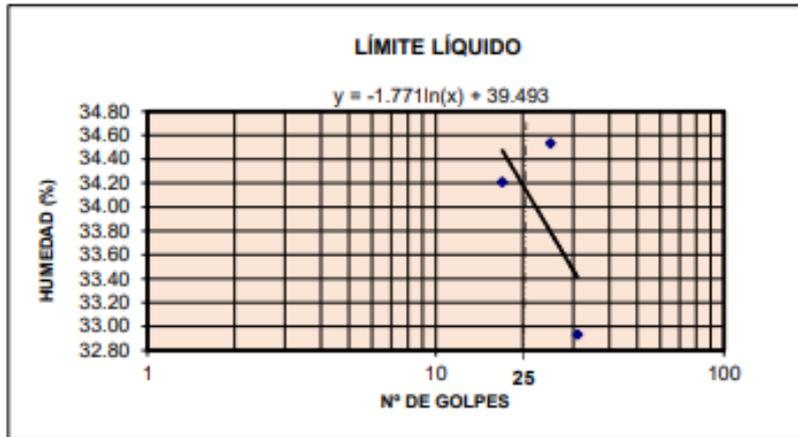
GRUPO DASAT  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
DARWIN V. SANCHEZ TAMAY  
INGENIERO CIVIL  
CP 22603

	<b>GRUPO DASAT - LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>		AREA:	LABORATORIO
	<b>FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD</b>		REG. ESTUDIO:	038-2022
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			<b>DATOS DEL PERSONAL</b>	
PROYECTO:	TESIS: INTEGRACIÓN DE LA SAVA DE OPUNTIA SP. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL ADOBE		JEFE DE CALIDAD:	ING. DARWIN SANCHEZ TAMAY
UBICACION:	LOCALIDAD DE BAGUA		TEC. LAB.:	DARLIN AVELLANEDA HERNANDEZ
SOLICITANTE:	FLAVIO CESAR UJUKAM QUIROZ		ASISTENTE LAB.:	JHON SANCHEZ TAMAY
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>			<b>CLASIFICACION DEL SUELO SUCS</b>	
ESPECIMEN:	C-01	FECHA:	14/06/2023	
MUESTRA:	M-01		CLASIFICACION DEL SUELO	Arena arcillosa SC

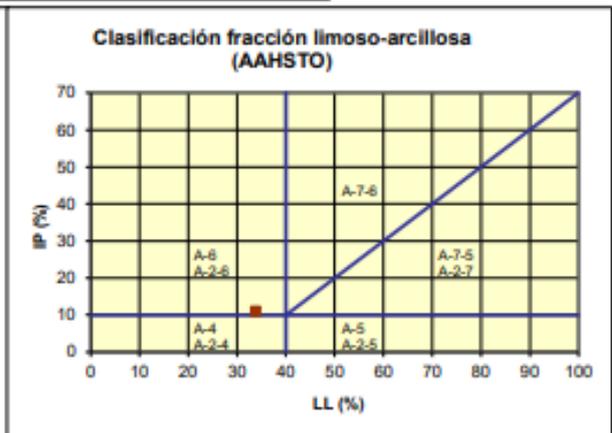
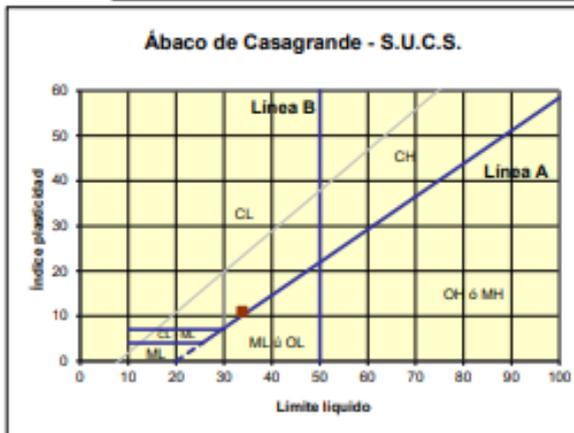
**STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - ASTM. D 4318  
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	D-12	D-13	D-14	D-15	D-16
Nº DE CAIDAS	17	25	31		
Nº DE CAPSULA					
W <sub>th</sub> , gr	54.15	52.18	58.06	42.93	43.84
W <sub>ts</sub> , gr	49.46	47.98	52.84	41.72	42.69
W CAPSULA	35.75	35.74	36.99	36.90	37.04
W <sub>w</sub>	4.69	4.22	5.22	1.21	1.15
W SECO , gr	13.71	12.22	15.85	4.82	5.65
w , (%)	34.21	34.53	32.93	25.10	20.35

LL:	33.79	LP:	22.73
		IP:	11.06



$LI = A \cdot \ln(x) + B$	
A=	-1.771
B=	39.493



**Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)**  
Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo arcilloso)  
**Arena arcillosa SC**

**Sistema de Clasificación de Suelos (AAHSTO)**  
**Material granular**  
Excelente a bueno como subgrado  
**A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa**

**Valor del índice de grupo (IG):** 0

OBSERVACIONES: De acuerdo al índice de plasticidad, se trata de un suelo con Arena arcillosa SC o A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa, con mediana plasticidad

NORMAS QUE IMPLICAN EL ENSAYO: MTC E 110 - MTC E 111 - AASHTO T 89

  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
**JHON D. SANCHEZ TAMAY**  
 ASISTENTE DE LABORATORIO  
 I.D.G Nº 352060411

  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
**DARLIN A. AVELLANEDA HERNÁNDEZ**  
 LABORATORISTA  
 I.D.G Nº 14914304

  
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
  
**DARWIN J. SANCHEZ TAMAY**  
 INGENIERO CIVIL  
 CP 22603

	<b>GRUPO DASAT - LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>		<b>AREA:</b>	<b>LABORATORIO</b>
	<b>FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD</b>		<b>REG. ESTUDIO:</b>	<b>038-2022</b>
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>			<b>DATOS DEL PERSONAL</b>	
<b>PROYECTO:</b>	TESIS INTEGRACIÓN DE LA SAVIA DE OPUNTIA SP. PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL ADOBE		<b>JEFE DE CALIDAD</b>	ING. DARWIN SANCHEZ TAMAY
<b>UBICACION:</b>	LOCALIDAD DE BAGUA		<b>TEC. LAB.:</b>	DARLIN AVELLANEDA HERNANDEZ
<b>SOLICITANTE:</b>	FLAVIO CESAR UJIKAM QUIROZ		<b>ASISTENTE LAB.:</b>	JHON SANCHEZ TAMAY
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>			<b>CLASIFICACION DEL SUELO SUCS</b>	
<b>ESPECIMEN:</b>	C-01	<b>FECHA:</b>	09/10/2022	<b>CLASIFICACION DEL SUELO</b>
<b>MUESTRA:</b>	M-01			Arena arcillosa SC

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - ASTM. D 422  
METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO Y LIMITES DE ATTERBERG**



**GRUPO DASAT**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*Jhon D. Sanchez Tamay*  
**JHON D. SANCHEZ TAMAY**  
ASISTENTE DE LABORATORIO  
CIP N° 15298491

**GRUPO DASAT**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*Darlin M. Avellaneda Hernandez*  
**DARLIN M. AVELLANEDA HERNANDEZ**  
LABORATORISTA  
CIP N° 15214391

**GRUPO DASAT**  
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
*Darwin J. Sanchez Tamay*  
**DARWIN J. SANCHEZ TAMAY**  
INGENIERO CIVIL  
CIP 228033

## ANEXO 5: BASE DE DATOS

ENSAYO	RM	Rmax	Mrot	CAR_ROT	ANCHO	LARGO	ALTURA	PESO
ACC001	C. 0%	3.58	0.00	3.20	9.70	9.40	8.40	0.00
ACC002	C. 0%	6.15	0.00	5.91	9.80	10.00	7.90	0.00
ACC003	C. 0%	6.58	0.00	6.45	10.00	10.00	9.80	0.00
ACC004	C. 0%	5.47	0.00	5.31	10.00	9.90	9.80	0.00
ACC005	C. 0%	5.97	0.00	5.62	9.60	10.00	8.60	0.00
ACC006	C. 0%	4.99	0.00	5.29	10.80	10.00	8.60	0.00
ACC007	C. 0%	4.20	0.00	4.04	10.00	9.80	8.90	0.00
AMC041	C. 4%	5.61	0.00	5.45	9.80	10.10	9.50	0.00
AMC042	C. 4%	8.76	0.00	8.50	9.80	10.10	8.90	0.00
AMC043	C. 4%	6.83	0.00	6.43	9.70	9.90	9.40	0.00
AMC044	C. 4%	9.91	0.00	8.40	9.60	9.00	9.30	0.00
AMC045	C. 4%	8.94	0.00	8.50	9.70	10.00	9.80	0.00
AMC046	C. 4%	9.19	0.00	8.70	9.70	9.95	9.70	0.00
AMC047	C. 4%	8.46	0.00	7.96	9.80	9.82	10.00	0.00
AMC081	C. 8%	12.00	0.00	10.29	9.40	9.30	9.50	0.00
AMC082	C. 8%	6.66	0.00	6.96	11.10	9.60	9.50	0.00
AMC083	C. 8%	9.57	0.00	9.38	10.10	9.90	10.30	0.00
AMC084	C. 8%	9.62	0.00	8.60	9.30	9.80	9.50	0.00
AMC085	C. 8%	11.58	0.00	13.61	11.20	10.70	9.60	0.00
AMC086	C. 8%	8.46	0.00	8.05	9.80	9.90	9.70	0.00
AMC087	C. 8%	10.15	0.00	9.36	9.90	9.50	9.10	0.00
AMC121	C. 12%	11.20	0.00	10.33	9.50	9.90	10.00	0.00
AMC122	C. 12%	10.39	0.00	10.60	10.20	10.20	9.50	0.00
AMC123	C. 12%	10.35	0.00	10.77	10.30	10.30	9.40	0.00
AMC124	C. 12%	14.68	0.00	14.54	10.00	10.10	8.50	0.00
AMC125	C. 12%	10.22	0.00	10.33	10.20	10.10	9.10	0.00
AMC126	C. 12%	14.50	0.00	14.65	10.20	10.10	8.40	0.00
AMC127	C. 12%	10.51	0.00	10.20	10.00	9.90	9.50	0.00
ACT001	T. 0%	0	1.78	1.10	14.90	0.00	8.30	6.04
ACT002	T. 0%	0	1.45	1.15	14.90	0.00	9.40	6.32
ACT003	T. 0%	0	1.44	0.97	14.90	0.00	8.70	5.78
ACT004	T. 0%	0	1.13	0.86	15.00	0.00	9.20	6.24
ACT005	T. 0%	0	1.26	0.98	15.00	0.00	9.30	6.32
ACT006	T. 0%	0	1.24	0.99	14.95	0.00	9.45	6.33
ACT007	T. 0%	0	1.34	0.95	14.90	0.00	8.90	6.14
AMT041	T. 4%	0	1.71	1.13	13.90	0.00	8.90	5.80
AMT042	T. 4%	0	1.50	1.18	14.80	0.00	9.40	6.43
AMT043	T. 4%	0	1.35	1.16	14.90	0.00	9.80	6.42
AMT044	T. 4%	0	1.28	1.09	14.50	0.00	9.90	6.06
AMT045	T. 4%	0	1.62	1.20	14.90	0.00	9.10	6.00
AMT046	T. 4%	0	1.50	1.15	14.40	0.00	9.40	5.95
AMT047	T. 4%	0	1.47	1.11	14.20	0.00	9.40	5.97
AMT081	T. 8%	0	1.45	1.03	14.90	0.00	8.90	6.50
AMT082	T. 8%	0	1.74	1.14	14.70	0.00	8.60	5.96
AMT083	T. 8%	0	1.54	1.19	14.50	0.00	9.40	6.19
AMT084	T. 8%	0	1.67	1.16	14.60	0.00	8.90	6.29
AMT085	T. 8%	0	1.54	1.19	13.90	0.00	9.60	6.18
AMT086	T. 8%	0	1.65	1.23	14.60	0.00	9.20	6.40

AMT087	T. 8%	0	1.73	1.22	14.80	0.00	8.90	6.07
AMT121	T. 12%	0	1.40	1.20	14.80	0.00	9.80	6.35
AMT122	T. 12%	0	1.72	1.27	14.50	0.00	9.20	6.02
AMT123	T. 12%	0	1.77	1.26	14.90	0.00	8.90	6.18
AMT124	T. 12%	0	1.65	1.29	15.10	0.00	9.30	6.21
AMT125	T. 12%	0	1.53	1.25	14.40	0.00	9.70	5.94
AMT126	T. 12%	0	1.52	1.28	14.70	0.00	9.80	6.20
AMT127	T. 12%	0	1.46	1.23	14.90	0.00	9.70	6.29

**Diccionario de datos**

Campo	Unidad de medida	Nombre del campo
ENSAYO	Numero entero	Ensayo
RM	Numero entero	Código de ensayo
Rmax	kg/cm2	Resistencia mecánica
Mrot	kg/cm2	Módulo de rotura
CAR_ROT	kn	Carga de la rotura
ANCHO	cm	Ancho del ensayo
LARGO	cm	Largo del ensayo
ALTURA	cm	Altura del ensayo
PESO	kg	Peso del ensayo

## ANEXO 5: CORRELACION POR GRUPO DE RESISTENCIA MECANICA

### Correlación por compresión

Resistencia mecánica		Resistencia máxima	Carga de roturo	Ancho del ensayo	Largo del ensayo	Alto del ensayo		
C. 0%	Resistencia máxima	C. Pearson	1	,980**	-,067	,840*	,258	
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,886	,018	,576	
	Carga de roturo	C. Pearson	,980**	1	,133	,903**	,279	
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,775	,005	,545	
	Ancho del ensayo	C. Pearson	-,067	,133	1	,320	,134	
		Sig. (bilateral)	,886	,775	,000	,485	,774	
	Largo del ensayo	C. Pearson	,840*	,903**	,320	1	,181	
		Sig. (bilateral)	,018	,005	,485	,000	,697	
	Alto del ensayo	C. Pearson	,258	,279	,134	,181	1	
		Sig. (bilateral)	,576	,545	,774	,697	,000	
	Peso del ensayo	C. Pearson	,000	,000	,000	,000	,000	
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	
	C.4%	Resistencia máxima	C. Pearson	1	,962**	-,526	-,530	,001
			Sig. (bilateral)	,000	,001	,225	,221	,998
Carga de roturo		C. Pearson	,962**	1	-,333	-,279	,028	
		Sig. (bilateral)	,001	,000	,466	,545	,953	
Ancho del ensayo		C. Pearson	-,526	-,333	1	,772*	,043	
		Sig. (bilateral)	,225	,466	,000	,042	,926	
Largo del ensayo		C. Pearson	-,530	-,279	,772*	1	,079	
		Sig. (bilateral)	,221	,545	,042	,000	,866	
Alto del ensayo		C. Pearson	,001	,028	,043	,079	1	
		Sig. (bilateral)	,998	,953	,926	,866	,000	
Peso del ensayo		C. Pearson	,000	,000	,000	,000	,000	
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	
C.8%		Resistencia máxima	C. Pearson	1	,827*	-,270	,179	-,091
			Sig. (bilateral)	,000	,022	,558	,701	,846
	Carga de roturo	C. Pearson	,827*	1	,271	,649	,023	
		Sig. (bilateral)	,022	,000	,557	,115	,961	
	Ancho del ensayo	C. Pearson	-,270	,271	1	,571	,073	
		Sig. (bilateral)	,558	,557	,000	,181	,876	
	Largo del ensayo	C. Pearson	,179	,649	,571	1	,309	
		Sig. (bilateral)	,701	,115	,181	,000	,500	
	Alto del ensayo	C. Pearson	-,091	,023	,073	,309	1	
		Sig. (bilateral)	,846	,961	,876	,500	,000	
	Peso del ensayo	C. Pearson	,000	,000	,000	,000	,000	
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	
	C.12%	Resistencia máxima	C. Pearson	1	,978**	-,046	-,036	-,806*
			Sig. (bilateral)	,000	,000	,922	,939	,029

Carga de roturo	C. Pearson	,978**	1	,161	,152	-,890**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,731	,745	,007
Ancho del ensayo	C. Pearson	-,046	,161	1	,783*	-,492
	Sig. (bilateral)	,922	,731	,000	,037	,262
Largo del ensayo	C. Pearson	-,036	,152	,783*	1	-,296
	Sig. (bilateral)	,939	,745	,037	,000	,520
Alto del ensayo	C. Pearson	-,806*	-,890**	-,492	-,296	1
	Sig. (bilateral)	,029	,007	,262	,520	,000
Peso del ensayo	C. Pearson	,000	,000	,000	,000	,000
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000

### Correlación por tracción

Resistencia mecánica		Módulo de rotura	Carga de roturo	Ancho del ensayo	Alto del ensayo	Peso del ensayo		
T.0%	Módulo de rotura	C. Pearson	1	,733	-,720	-,774*	-,476	
		Sig. (bilateral)	,000	,061	,068	,041	,281	
	Carga de roturo	C. Pearson	,733	1	-,599	-,141	,071	
		Sig. (bilateral)	,061	,000	,156	,763	,880	
	Ancho del ensayo	C. Pearson	-,720	-,599	1	,527	,532	
		Sig. (bilateral)	,068	,156	,000	,225	,219	
	Largo del ensayo	C. Pearson	,000	,000	,000	,000	,000	
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	
	Alto del ensayo	C. Pearson	-,774*	-,141	,527	1	,785*	
		Sig. (bilateral)	,041	,763	,225	,000	,037	
	Peso del ensayo	C. Pearson	-,476	,071	,532	,785*	1	
		Sig. (bilateral)	,281	,880	,219	,037	,000	
	T.4%	Módulo de rotura	C. Pearson	1	,422	-,382	-,995**	-,520
			Sig. (bilateral)	,000	,345	,398	,000	,232
Carga de roturo		C. Pearson	,422	1	,651	-,373	,381	
		Sig. (bilateral)	,345	,000	,114	,410	,399	
Ancho del ensayo		C. Pearson	-,382	,651	1	,420	,764*	
		Sig. (bilateral)	,398	,114	,000	,348	,046	
Largo del ensayo		C. Pearson	,000	,000	,000	,000	,000	
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	
Alto del ensayo		C. Pearson	-,995**	-,373	,420	1	,563	
		Sig. (bilateral)	,000	,410	,348	,000	,188	
Peso del ensayo		C. Pearson	-,520	,381	,764*	,563	1	
		Sig. (bilateral)	,232	,399	,046	,188	,000	
T.8%		Módulo de rotura	C. Pearson	1	,536	,218	-,529	-,661
			Sig. (bilateral)	,000	,215	,639	,222	,106
	C. Pearson	,536	1	-,394	,402	-,397		

T. 12%	Carga de roturo	Sig. (bilateral)	,215	,000	,382	,372	,377
		C. Pearson	,218	-,394	1	-,796*	,166
	Ancho del ensayo	Sig. (bilateral)	,639	,382	,000	,032	,721
		C. Pearson	,000	,000	,000	,000	,000
	Largo del ensayo	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000
		C. Pearson	-,529	,402	-,796*	1	,209
	Alto del ensayo	Sig. (bilateral)	,222	,372	,032	,000	,653
		C. Pearson	-,661	-,397	,166	,209	1
	Peso del ensayo	Sig. (bilateral)	,106	,377	,721	,653	,000
		C. Pearson	1	,670	,057	-,947**	-,449
	Módulo de rotura	Sig. (bilateral)	,000	,100	,903	,001	,313
		C. Pearson	,670	1	,072	-,450	-,440
	Carga de roturo	Sig. (bilateral)	,100	,000	,877	,311	,324
		C. Pearson	,057	,072	1	-,240	,753
	Ancho del ensayo	Sig. (bilateral)	,903	,877	,000	,604	,051
		C. Pearson	,000	,000	,000	,000	,000
	Largo del ensayo	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000
		C. Pearson	-,947**	-,450	-,240	1	,236
	Alto del ensayo	Sig. (bilateral)	,001	,311	,604	,000	,611
		C. Pearson	-,449	-,440	,753	,236	1
Peso del ensayo	Sig. (bilateral)	,313	,324	,051	,611	,000	

## ANEXO 6: GALERIA FOTOGRAFICA



**Figura 9.** Vista panorámica del cultivo de *Opuntia ficus-indica*.



**Figura 10.** Acarreo de paletas de *Opuntia ficus-indica*.



**Figura 11.** *Proceso de extracción de pulpa*



**Figura 12.** *Licuada de la sabia de la Opuntia ficus-indica*



**Figura 13.** *Pulpa licuada de Opuntia ficus-indica*



**Figura 14.** *Vaciado de agua para formar el barro*



**Figura 15.** *Mezcla de la tierra con la pajilla de arroz*



**Figura 16.** *Vaciado de Savia de Opuntia ficus-indica*



**Figura 17.** *Preparado del sitio donde se pondrá los adobes para su secado.*



**Figura 18.** *Muestra de adobes en proceso de secado.*



**Figura 19.** *Proceso para el ensayo de compresión*



**Figura 20.** *Ensayo de compresión*



**Figura 21.** *Proceso para el ensayo de flexión*



**Figura 22.** *Ensayo a flexión*