



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA A COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y ABSORCIÓN  
DE BLOQUES DE ADOBE COMPACTADO, CON ADICIÓN  
DE FIBRAS DE CAÑA”, CAJAMARCA 2018.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Nonal Campos Cruzado

Asesor:

Ing. Iván Hedilbrando Mejía Díaz

Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Iván Hedilbrando Mejía Díaz, docente de la Universidad Privada del Norte; Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Civil, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Nonal Campos Cruzado

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “**Resistencia a compresión, flexión y absorción de bloques de adobe compactado, con adición de fibras de caña**”, **Cajamarca 2018**. Para aspirar el título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Iván Hedilbrando Mejía Díaz  
Asesor

## APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Nonal Campos Cruzado, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: **“Resistencia a compresión, flexión y absorción de bloques de adobe compactado, con adición de fibras de caña”, Cajamarca 2018.**

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

**JURADO  
PRESIDENTE**

---

Ing. Gerson Quispe Rodríguez

**JURADO  
SECRETARIO**

---

Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán

**JURADO  
VOCAL**

## DEDICATORIA

A **DIOS**, que con su infinita misericordia me ha dado sabiduría durante todos mis años de formación profesional, por ser el camino que me guía día a día para poder lograr la meta propuesta.

A **MI PADRE, Ysmael Campos Zambrano**, de quien observé y asimilé su templanza y optimismo, que me ayudaron en proseguir sin ningún reparo con este proyecto.

A **MI MADRE, María Consuelo Cruzado Salazar**, quien con su apoyo incondicional tanto económico y emocional hizo posible el logro de mi tan ansiada meta de ser profesional.

A **MIS HERMANOS: Yoseli Marilú y Jhunion Hemerson**, Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida quienes de manera incondicional siempre estuvieron apoyándome a través de sus consejos, comentarios, críticas y sentido del humor.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

## AGRADECIMIENTO

El presente aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado el proceso para que este trabajo llegue a un feliz término y por ello es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresándoles mis agradecimientos.

A nuestra Casa Superior de Estudios, **Universidad Privada del Norte**, Alma Máter, de nuestra formación, desarrollo y crecimiento profesional, por acogernos en sus aulas durante nuestros estudios y permitirnos formar parte de la gran familia universitaria, así mismo por incentivarlos a seguir superándonos.

Al **Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga**, por su apoyo en la revisión y realización de esta tesis.

Al **Ing. Iván Mejía Díaz** por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis. Por su disponibilidad y paciencia haciendo del presente una agradable fase de aprendizaje, motivación, dedicación e incentivo para su culminación.

A mis **Tíos Hilda Mercedes Delgado Salazar y Carmelo Caruajulca Díaz** por acogerme en su hogar durante los 5 años y enseñarme el verdadero significado de la educación, la amistad y el compromiso con la Universidad y la sociedad.

A **Jhonatan Minchán Huamán**, por su apoyo en la elaboración de los ensayos en el laboratorio y poder culminar con satisfacción la tesis.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1. Realidad problemática.....	16
1.2. Formulación del problema .....	24
1.3. Objetivos .....	24
1.3.1. Objetivo general.....	24
1.3.2. Objetivos específicos .....	24
1.4. Hipótesis.....	24
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
2.1. Tipo de investigación .....	25
2.2. Población y muestra .....	25
2.2.1. Unidad de estudio. ....	25
2.2.2. Población.....	25
2.2.3. Muestra. ....	25
2.3. Materiales, Instrumentos y método. ....	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	31
2.4.1. Ensayos realizados para determinar las propiedades del suelo.....	32
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>60</b>
3.1. Resultados de los ensayos para la clasificación del suelo .....	60
3.2. Resultados de dosificación de bagazo de caña y agua para la elaboración de los especímenes.....	71
3.3. Resultados de la evaluación de las propiedades de los especímenes .....	72
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>84</b>
4.1 Discusión.....	84
<input type="checkbox"/> <i>Limitaciones</i> .....	84
<input type="checkbox"/> <i>Interpretación comparativa</i> .....	84

4.2	Conclusiones .....	86
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>87</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>89</b>
	ANEXO N° 01: FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE CAÑA .....	89
	ANEXO N° 02: FIGURAS .....	90
	ANEXO N° 03: FORMATOS LABORATORIO .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Zonas especiales dentro de las cuales se debe ubicar el valor de los límites de Atterberg de un suelo a utilizar en la construcción con tierra .....	20
Tabla 2 Propiedades de la Fibra del Bagazo de Caña (Sera, 1990).....	22
Tabla 3 Cantidad de adobes para ensayo a compresión, flexión y absorción de la unidad de adobe compactado. ....	26
Tabla 4 Coordenadas UTM de la Cantera Shaullo Chico .....	27
Tabla 5 Coordenadas UTM de la extracción de la fibra de caña.....	29
Tabla 6 Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos.....	31
Tabla 7 Sistemas de clasificación de suelos unificados “SUCS” .....	47
Tabla 8 Proctor Modificado.....	49
Tabla 9 Zonas especiales dentro de las cuales se debe ubicar el valor de los límites de Atterberg de un suelo a utilizar en la construcción con tierra .....	53
Tabla 10 Contenido de humedad del suelo.....	61
Tabla 11 Límites de atterberg.....	61
Tabla 12 Determinación del límite plástico.....	62
Tabla 13 Cálculo del Índice de Plasticidad .....	63
Tabla 14 Análisis granulométrico del suelo .....	64
Tabla 15 Análisis granulométrico del suelo por sifonaje .....	65
Tabla 16 Proctor Modificado muestra patrón.....	66
Tabla 17 Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 2” ...	67
Tabla 18 Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 2 ½”	68
Tabla 19 Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 3” ...	70
Tabla 20 Cuadro resumen – Proctor Modificado .....	71
Tabla 21 Resistencia a la compresión de los adobes compactados (muestra patrón).....	73
Tabla 22 Resistencia a la compresión de los adobes compactados con 2” de longitud de fibra de caña .....	74
Tabla 23 Resistencia a la compresión de los adobes compactados con 2 ½” de longitud de fibra de caña.....	75
Tabla 24 Resistencia a la compresión de los adobes compactados con 3” de longitud de fibra de caña .....	76
Tabla 25 Resumen general – Resistencia a compresión de los especímenes .....	77
Tabla 26 Resistencia a flexión de los adobes compactados de tierra (Muestra patrón) .....	78



Tabla 27 Resistencia a flexión de los adobes compactados con 2” de longitud de fibras de caña.....	78
Tabla 28 Resistencia a flexión de los adobes compactados con 2 ½ ” de longitud de fibras de caña.....	79
Tabla 29 Resistencia a flexión de los adobes compactados con 3 ” de longitud de fibras de caña.....	79
Tabla 30 Resumen general – Resistencia a Flexión de los especímenes.....	80
Tabla 31 absorción para los adobes patrón.....	81
Tabla 32 Absorción de los especímenes con 2” de longitud de fibra de caña.....	81
Tabla 33 Absorción de los especímenes con 2 ½ ” de longitud de fibra de caña.....	82
Tabla 34 Absorción de los especímenes con 3” de longitud de fibra de caña.....	82
Tabla 35 Resumen general – Absorción de los especímenes (Muestra patrón) .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de caña.....	21
Figura 2: Fibra de caña .....	22
Figura 3. Ubicación de la cantera en estudio Shaullo Chico .....	27
Figura 4. Material extraído de cantera en distrito Baños del Inca comunidad Shaullo Chico. .....	28
Figura 5. Ubicación del lugar de extracción de la fibra de caña .....	29
Figura 6. Fibras de caña en la fábrica de la rica chancaca ubicado en la comunidad de San Martin distrito de Malcas.....	30
Figura 7. Preparación de Las Fibras de caña .....	30
Figura 8. Sacando el Contenido de Humedad .....	34
Figura 9. Proceso del ensayo de Granulometría por lavado .....	36
Figura 10. Proceso de tamizado del material.....	37
Figura 11. Realizando el ensayo de límites de consistencia o Atterberg .....	41
Figura 12. Pesando la muestra seca .....	43
Figura 13. Colocando el material en la cápsula.....	44
Figura 14. Dejando reposar la muestra durante 15 minutos y luego se sifonea con la manguera .....	44
Figura 15. Secado del material en la estufa durante 24 horas. ....	45
Figura 16. Tamizado del material por la malla N°40 y 200 .....	45
Figura 17. Carta de Plasticidad Casagrande .....	46
Figura 18. Mezclado de la muestra para el ensayo.....	51
Figura 19. Compactación de la muestra patrón .....	51
Figura 20. Compactación de muestra con adición de fibras de caña con sus respectivas longitudes verificado por mi asesor Iván Mejía Díaz.....	52
Figura 21. Institución Educativa Rafael Olascoaga lugar de fabricación de los bloques de adobe.....	54
Figura 22. Secado del material para la fabricación de los bloques de adobe compactado ..	55
Figura 23. Fabricación de los bloques de adobe compactado .....	55
Figura 24. Acopio de los bloques de tierra comprimida para su secado .....	56
Figura 25. Material extraído de la cantera del caserío Shaullo Chico distrito Baños del Inca .....	90

Figura 26. Fibra de Caña extraído del caserío de San Martín Distrito de Malcas provincia de Cajabamba .....	90
Figura 27. Preparación de la fibra de caña .....	91
Figura 28. Preparación de la fibra de caña de 2", 2 ½" y 3" de longitud .....	91
Figura 29. Peso de las taras con la muestra para obtener el contenido de humedad del suelo .....	92
Figura 30. Secado del material durante 24 horas para obtener el contenido de humedad del suelo.....	92
Figura 31. Realizando el lavado del material seco con la malla N°200 .....	93
Figura 32. Realizando la granulometría del material por lavado después de ser secado al horno.....	93
Figura 33. Realizando límites de Atterberg o límites de consistencia.....	94
Figura 34. Pesando la fibra de caña para realizar Proctor Modificado.....	94
Figura 35. Mesclando la muestra para realizar Proctor Modificado .....	95
Figura 36. Realizando Proctor Modificado con mi asesor de tesis Iván Mejía .....	95
Figura 37. Realizando la compactación.....	96
Figura 38. Peso del cilindro más la muestra después de ser compactado durante 25 golpes como indica la norma. ....	96
Figura 39. Secado del material para la fabricación de los bloques compactados.....	97
Figura 40. Pesado de la muestra para la elaboración de los bloques compactados.....	97
Figura 41. Pesado de la fibra de caña para las longitudes de 2", 2 ½" y 3" con 0.5% del peso .....	98
Figura 42. Preparación de la mezcla para la elaboración de los bloques compactados .....	98
Figura 43. Introduciendo el material para la elaboración del bloque compactado a la máquina CINVA-RAM.....	99
Figura 44. Prensado de la tierra con la máquina CINVA-RAM, con la supervisión de mi asesor Iván Mejía.....	99
Figura 45. Sacado del bloque para tracción después de ser compactado con la máquina CINVA-RAM con la supervisión de mi asesor de tesis .....	100
Figura 46. Realizando los cubitos de bloques compactados para el ensayo de compresión .....	100
Figura 47. Secado de los bloques Compactados.....	101
Figura 48. Secado de los bloques compactados con la máquina CINVA-RAM.....	101

Figura 49. Traslado de los especímenes a la universidad privada del norte.....	102
Figura 50. Supervisado por mi asesor de tesis para el acopio de los especímenes .....	102
Figura 51. Acopio de los especímenes para tomar sus medidas exactas para luego ser sometidas al ensayo .....	103
Figura 52. Ensayo a compresión de los especímenes para 2", 2 ½" y 3" de longitud.....	104
Figura 53. Rotura de los especímenes para las 3 dimensiones en presencia de mi asesor de tesis .....	105
Figura 54. Rotura de los especímenes a flexión para los adobes patrón y con adición de fibras de caña en presencia de mi asesor de tesis .....	106
Figura 55. Tomando la medida de deformación a cada milímetro de los especímenes a flexión con el nivel de ingeniero .....	107
Figura 56. Pesando los especímenes para ser sometidos a absorción .....	108
Figura 57. Sumergiendo los especímenes durante 24 horas.....	109
Figura 58. Después de ser sumergido 24 horas se procedió a retirar para su pesado de los especímenes en presencia de mi asesor de tesis .....	109
Figura 59. Sacando los especímenes del agua .....	110
Figura 60. Pesando los especímenes después de ser sumergidos durante 24 horas .....	111

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Contenido de humedad .....	32
Ecuación 2	Porcentajes de los pesos Retenidos.....	35
Ecuación 3	Porcentajes que pasa en cada tamiz .....	35
Ecuación 4	Índice de plasticidad .....	40
Ecuación 5	Humedad óptima (O.C.H).....	48
Ecuación 6	Densidad seca (Ds) .....	48
Ecuación 7	Presión .....	57
Ecuación 8	Resistencia a flexión .....	58
Ecuación 9	Absorción de agua .....	59

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Límites de atterberg.....	62
Gráfico 2. Curva de distribución granulométrica .....	64
Gráfico 3. Curva de distribución granulométrica por sifonaje .....	65
Gráfico 4. Proctor Modificado muestra patrón.....	67
Gráfico 5. Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 2”	68
Gráfico 6. Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 2 ½” .....	69
Gráfico 7. Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 3”	70
Gráfico 8. Resumen – Resistencia a compresión de los adobes compactados elaborados con la máquina CINVA-RAM .....	77
Gráfico 9 Resumen – Resistencia a flexión de los especímenes .....	80
Gráfico 10. Resumen general – absorción de los especímenes .....	83

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo principal determinar la resistencia a compresión, flexión y absorción de bloques de adobe compactado, con adición de fibra natural de caña en diferentes longitudes. La investigación se basó fundamentalmente en clasificar un tipo de tierra apta para la elaboración de los bloques, dosificar la tierra en una proporción de 0.5% de fibra de caña para 3 longitudes (2", 2 ½" y 3"), para luego evaluar sus efectos en la resistencia a la compresión, flexión y absorción de agua, para luego comparar los resultados, con los de un bloque de adobe compactado (sin adición). Los resultados fueron parcialmente satisfactorios, la adición de la fibra natural de caña en longitudes de 2", 2 ½" y 3" en el adobe compactado, mejora sus propiedades mecánicas, en resistencia a compresión hasta en 91.20% con respecto al valor encontrado para la muestra patrón (sin adición), en resistencia a flexión hasta en un 58.24% con respecto a la muestra patrón, presentando los valores a compresión de 37.52 kg/cm<sup>2</sup>, 33.92 kg/cm<sup>2</sup> y 24.51 kg/cm<sup>2</sup> y los de flexión 7.47 kg/cm<sup>2</sup>, 8.66 kg/cm<sup>2</sup> y 10.25 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, el grado de absorción aumenta, haciéndolo un material más poroso e inestable al agua.

**Palabras clave:** bloques de adobe con fibra de caña, fibra natural, propiedades mecánicas, compresión, flexión, Absorción.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En el mundo, el Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. Dentro de este contexto, la actividad sísmica está asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y tiene su origen, en la fricción de ambas placas produciendo los sismos de mayor magnitud con relativa frecuencia y en la deformación interna de ambas placas, siendo los sismos más destructores los que se producen a niveles superficiales (CIDEM, 2009).

A inicios de la humanidad el hombre ha utilizado los bloques de ladrillo mojados y secados al sol para realizar sus construcciones, desde los antiguos Asirios y Caldeos, persas, Culturas Orientales y de América lo han hecho y se sigue haciendo en muchas partes. Hay una vieja leyenda de los indios del sur de los Estados Unidos que dice que: “vivir en casas de tierra es vivir en paz”.

En el Perú el 35 % de viviendas son de adobe o tapial, de manera específica en Cajamarca el 77,1 % (1193) y 76.7% (2007), son de adobe o tapial, lo que ha sido el material más empleado para las construcciones en la vivienda rural, de acuerdo al censo realizado por el INEI en el informe: Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1993 y 2007, en el cuadro Departamento de Cajamarca: Viviendas Particulares según material predominante en las paredes exteriores de la vivienda, 1993 y 2007.

Después del terremoto en Huaraz, Perú, 1970, comenzaron las investigaciones sobre el potencial de construcciones de adobe resistentes a terremotos, un empeño en el que la “Pontificia Universidad Católica del Perú” (PUCP) tomó pronto el liderazgo. Esto ha resultado en una norma oficial del Perú para construcciones de adobe, que ya ha sido revisado y mejorado dos veces. La mayoría de los proyectos de adobe en Latinoamérica usan esta normativa como referencia. Es obvio que muchos de los habitantes de las sierras construirán sus viviendas con adobe en los próximos años, tanto por las ventajas económicas, como por sus cualidades térmicas en un clima duro. En la recuperación después de un terremoto debería tomarse esto en cuenta y proveer información y entrenamiento adecuado para mejorar la calidad de las edificaciones de



adobe. El proyecto se organiza concentrado no solo en la construcción sino en la educación (CIDEM, 2009).

En el Perú, país altamente sísmico, aún persisten prácticas constructivas que utilizan la tierra como material y que por lo general dan lugar a edificaciones de alta vulnerabilidad. En los terremotos de Huaraz (1970), Nazca (1996), Moquegua (2001), Lamas (2005) y Pisco (2007) quedaron demostradas la fragilidad de este tipo de edificaciones, la carencia de técnicas adecuadas para el uso de la tierra y la ausencia de acciones de capacitación a la población para mejoramiento de la calidad de sus viviendas (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2012).

El adobe como material de construcción para uso habitacional ha sido utilizado por miles de años por los pueblos indígenas de América, tanto en el suroeste de los Estados Unidos como en Mesoamérica y la región andina en Sudamérica. Actualmente el 50 por ciento de las casas del mundo están construidas con este material. La utilización del adobe representa una alternativa viable para resolver el problema de la falta de vivienda, a través de la propuesta de una casa auto construible de bajo costo. Sin embargo, una limitante para desarrollar tal alternativa consiste en que la mayoría de las técnicas constructivas tradicionales que utilizan materiales obtenidos a partir del suelo son resultado del conocimiento empírico. Dicho conocimiento generalmente es asistemático, varía en cada cultura y región y carece de una terminología interdisciplinaria. Por lo tanto, difícilmente esta opción ofrece, de modo directo, una base tecnológica universalmente válida. (Gama et al, 2012).

Durante 30 años en el Perú se han analizado diversos estudios de adobe tratando de hacer de este material una alternativa viable para resolver el problema de la falta de vivienda, a través de la propuesta de una casa auto construible de bajo costo. Sin embargo, una limitante para desarrollar tal alternativa consiste en que la mayoría de las técnicas constructivas tradicionales que utilizan materiales obtenidos a partir del suelo son resultado del conocimiento empírico (Gama et al, 2012).

Esta investigación se plantea ya que Cajamarca se encuentra en una zona 3 de alta sismicidad teniendo en cuenta la NTP E.030 de diseño sismo resistente y también observada el crecimiento urbano desmedido que está teniendo la región, ya que se

construye con adobes normales. La información que genere la investigación podrá ser útil para mejorar la construcción con este material, reforzado que permitirá tener edificaciones más seguras ante desastres naturales.

En el Departamento de Cajamarca, las construcciones de adobe son realizadas desde ya hace décadas, creando un impulso importante para optimizar las propiedades mecánicas del adobe, puesto que el adobe que se usa no cumple con los requisitos mínimos de seguridad, funcionalidad y durabilidad. Es por esto que si estas viviendas sufrieran daños que pueden ser ocasionados frente a un evento sísmico serían considerables. Sobre todo, cuando nuestra región se encuentra ubicada en una zona 3 norma E 030, por lo cual es muy latente el riesgo de ocurrencia de sismos, aunque la gran mayoría de personas no tomen conciencia, es su responsabilidad conocer y tomar conciencia de su importancia. Para así disminuir los colapsos estructurales y pérdidas humanas, pudiendo verse afectada la infraestructura de viviendas y otras edificaciones. A pesar de las intensas lluvias y de ser una zona sísmica, se sigue utilizando el adobe mayormente en la zona rural por bajo costo que este representa, ya que las viviendas que predominan como primer lugar son las de adobe o tapia en el 44,1% de los casos y como segundo lugar las paredes de ladrillo o bloque de cemento en el 38,5% de las viviendas de la ciudad de Cajamarca (Fondo mi Vivienda , 2009).

Los resultados del Censo Nacional 2017: XII de población VII de vivienda, revelan que 2 millones 148 mil 494 viviendas particulares tienen en sus paredes exteriores como material predominante adobe o tapia, lo que representa 27,9% (INEI, 2017).

Los resultados de censo 2017, nos muestra a nivel departamental que Huancavelica tiene el mayor número de viviendas con paredes exteriores de adobe o tapia con 84 mil 835, que equivale al 82,4% del total de viviendas, seguido de Apurímac con 91 mil 752 viviendas (76,1%), Cajamarca con 264 mil 310 viviendas (70,3%) y Cusco con 217 mil 794 viviendas (67,3%) (INEI, 2017).

El adobe o tapia representa el primer material predominante en el distrito de Baños del Inca y el ladrillo o bloque de cemento, en el distrito de Cajamarca, sin embargo, no existen grandes diferencias cualitativas entre las viviendas de una y otra zona (Fondo mi Vivienda , 2009).

**Montes Bernabé** (2009) en México, realizó la tesis “Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia haw en la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado”, con el objetivo de determinar en el adobe el incremento de la resistencia para ello se realizaron pruebas con adobes compactados hechos con suelo previamente seleccionado y caracterizado; posteriormente a ese mismo suelo se incorporó la fibra con longitudes de 10, 15, 20 y 25 mm, en una proporción de 0.25, 0.50, 0.75 y 1 % del peso del adobe, manteniendo constante el porcentaje de humedad. Los resultados muestran la incorporación de fibra al adobe compactado en una concentración de 1% y con longitud de 25 mm, se incrementó la resistencia a la compresión en 24.12 % con un valor de 8.51 MPa. En la resistencia a la flexión hubo un incremento de 7.86 % con respecto al adobe compactado sin fibra con un valor de 0.60 MPa al incorporarle fibra con una concentración de 0.75% y longitud de 25 mm.

**Benites Zapata** (2017) en su tesis profesional “Adobe estabilizado con extracto de cabuya” con el objetivo de evaluar la factibilidad de un polímero natural local (Cabuya o *Furcraea andina*) como estabilizador del adobe tradicional y las condiciones necesarias para garantizar su acción estabilizante. Los resultados demuestran que el extracto de Cabuya necesita un tiempo mínimo de maceración de 5 días y un óptimo de 10 para activar sus propiedades estabilizantes y lograr mejorar significativamente la resistencia al agua del adobe. La resistencia a la compresión y a la flexión mejoran en un 9.6% y 133.7% respectivamente, mientras que la resistencia a la acción del agua mejora notablemente, haciéndolo competitivo con otros materiales estabilizantes como la cal o el cemento.

Es preciso tener en conocimiento los conceptos fundamentales que a continuación presentamos, para poder entender la investigación.

Existen una variedad de definiciones sobre el adobe o también llamado bloque de tierra, el cual se describe a continuación. Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad. Es una masa de barro, frecuentemente mezclada con paja, moldeada de forma prismática, sin cocer, secada al aire, empleada en la construcción de muros de fábrica, paredes y tabiques. En ocasiones, se puede añadir cal, grava, estiércol para darle mayor consistencia. En la región de la Costa peruana también se utiliza con frecuencia la caña

de azúcar cortada en pedazos (bagazo) que se mezcla con la tierra, el agua y el estiércol (Jose & Bernilla, 2012).

Conjunto con organización y propiedades que varían vectorialmente, en términos de la Ingeniería, la palabra suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta arenisca parcialmente cementadas o lutitas suaves (Juárez, 2015).

**Según Crespo (2000)** el suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento etc y también define al suelo que está formado por diferente granulometría, y además la norma NTP 339.134, 1999 y el libro Mecánica de Suelos y Cimentaciones define en tres tipos que son arenas, limos y arcillas.

Las arcillas son el aglutinante natural de las partículas más grandes, y los limos y las arenas conforman el esqueleto resistente que soportan las cargas y evitan la fisuración. Si tenemos exceso de arena el bloque puede deshacerse al desmoldarlo. Si el porcentaje de arcilla es excesivo el bloque se pega al molde y al tratar de desmoldarlo se desprenden pedazos de las caras del bloque o incluso puede llegar a romperse. Esto mismo sucede cuando hay un exceso de humedad en la mezcla. La proporción óptima de cada uno de ellos podríamos establecerla en (Rotondaro, Patrone, y Schiller, 2006).

*Tabla 1 Zonas especiales dentro de las cuales se debe ubicar el valor de los límites de Atterberg de un suelo a utilizar en la construcción con tierra*

<b>Límites de Consistencia o de Atterberg</b>	<b>Zonas Límites</b>	<b>Zonas Preferenciales</b>
Índice Plástico	De 7 a 29	De 7 a 18
Límite Líquido	De 25 a 30	De 30 a 35
Límite Plástico	De 10 a 25	De 12 a 22

Fuente: Adaptado de Carrete, 1979

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es la base de la principal agroindustria del país, siendo la zafra anual superior a los 30 millones de toneladas. Sin embargo, por diversos motivos, no toda la caña cultivada se cosecha, habiendo ascendido este

renglón a 800,000 toneladas para la zafra 1977-1978. Una posibilidad de aprovechamiento de la caña "parada" podría ser como fuente de forraje para el ganado, para lo cual tendría que ser cosechada rápidamente, para así desocupar la tierra y permitir el nuevo crecimiento de las plantas.

Se denomina bagazo al residuo de materia después de extraído su jugo. Una clase de bagazo es el residuo leñoso de la caña de azúcar. En estado fresco estos bagazos contienen un 40% de agua. Suelen utilizarse como combustible de las propias azucareras.

El uso de la fibra de bagazo para material manufacturado, es otra alternativa de solución para el uso de este tipo de materiales. Si se compara el uso de las fibras naturales con materiales sintéticos, estas tienen dos grandes ventajas, su baja densidad y su reutilización (J.M.L Reis, 2006).



*Figura 1. Planta de caña*

La fibra de la caña de azúcar tiene una significación particular, por cuanto constituye, además de un material combustible para la industria azucarera y otras, una valiosa materia prima para otras industrias tales como la del papel, maderas artificiales entre otros.

El uso de la fibra de bagazo para material manufacturado, es otra alternativa de solución para el uso de este tipo de materiales. Si se compara el uso de las fibras naturales con materiales sintéticos, estas tienen dos grandes ventajas, su baja densidad y su reutilización (J.M.L Reis, 2006).

se efectuó un corte en la fibra entre 15 y 25 mm de longitud, cuyas dimensiones son recomendadas por Juárez et al (2004), y las que mejor comportamiento presentaron después de realizar ensayos preliminares.

Tabla 2 *Propiedades de la Fibra del Bagazo de Caña (Sera, 1990)*

<b>Especificaciones</b>	<b>Bagazo</b>
Continuo / Disperso	Disperso
Orientación	Aleatoria
Matriz	Tierra
Longitud mm	26
Diámetro Promedio (mm)	0.24
Gravedad Específica (g/cm <sup>3</sup> )	1.25
Absorción de humedad %	78.5
Contenido de humedad %	12.1
Resistencia última Mpa	196.4
Módulo de elasticidad Gpa	16.9
Resistencia a la adherencia Mpa	0.84

Fuente: (Sera, 1990).



Figura 2: Fibra de caña

### **Resistencia a compresión.**

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento norma E.080, esfuerzo admisible es de  $f_o = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$ .

El término esfuerzo, en la compresión, se refiere a la magnitud de la fuerza por unidad de área. La compresión, es una presión que tiende a causar una reducción de volumen (Juárez, 2015).

La resistencia de un material es la propiedad que tiene para resistir la acción de las fuerzas, cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo se presentan fuerzas resistentes en las fibras del cuerpo que se denominan fuerzas internas. Fuerza interna es la resistencia interior de cuerpo a una a una fuerza externa (Rios , 2010).

### **Resistencia a flexión:**

En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal (Rios , 2010).

Según norma E.080. El Esfuerzo de rotura mínima es  $0.08 \text{ MPa} = 0.81 \text{ kgf/cm}^2$

### **Absorción:**

Capacidad de medida de agua que puede contener un bloque de unidad saturada (Gallegos & Casabonne, 2005).

Según Norma E.080. Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 %.

Este ensayo tiene por objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación, en otras palabras, obtendremos un índice que refleje la capacidad de absorción de agua de los especímenes durante 24 horas de ser sumergido en el agua (NTP. 399.613, 2003).

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a compresión, flexión y absorción del bloque de adobe compactado, con adición de fibras de caña en diferentes longitudes?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la resistencia a compresión, flexión y absorción de bloques de adobe compactado, con adición de fibras de caña en determinadas longitudes.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y clasificar el tipo de material apto para la elaboración de bloques de adobes compactados, obtenido de la cantera “Shaullo Chico”.
- Determinar la resistencia a la compresión y flexión del bloque de adobe compactado con adición en diferentes longitudes de fibra de caña y las de adobe compactado sin adición para comparar sus resultados.
- Elaborar adobes compactados con suelo sin adición de fibra vegetal (adobe patrón) y adobes compactados con 2”, 2 ½” y 3” de longitud de fibras de caña.
- Determinar la medida de absorción de agua del bloque de adobe compactado.

## 1.4. Hipótesis

La adición de fibras de caña en 0.5%, aumenta su resistencia a compresión y flexión hasta 10% y mantiene la capacidad de absorción en los bloques de adobe compactado.



## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación a realizar será Experimental, teniendo en cuenta diseños experimentales como estrategia para llevar un control y una metodología cuantitativa en el procesamiento, análisis y evaluación de la investigación, para ello se tuvo en cuenta las variables que intervienen, tales como el tipo de fibra vegetal en las probetas de adobe y la resistencia a la compresión y flexión.

### 2.2. Población y muestra

#### 2.2.1. Unidad de estudio.

Son los bloques de adobe compactados que se realizarán con la investigación.

- La unidad de adobe que se usará para el ensayo a compresión tendrá las dimensiones de 15\* 15\* 10 cm y teniendo en cuenta que la resistencia mínima de rotura a la compresión es de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup> establecido por la norma E.080.
- La unidad de adobe que se usará para el ensayo de tracción por flexión tendrá las dimensiones de 30\* 15\* 10 cm y teniendo en cuenta que la resistencia mínima de rotura a la tracción es de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup> establecido por la norma E.080.
- La unidad de adobe que se usará para el ensayo a absorción tendrá las dimensiones de 15\* 15\* 10 cm las cuales se sumergirán completamente en agua como se especifica en la norma E.070 de Albañilería.

#### 2.2.2. Población.

Es intencionada y a conveniencia, ya que la población es igual a la muestra, para esta investigación se realizaron 88 bloques de tierra, siguiendo las normas que se describen en la muestra.

#### 2.2.3. Muestra.

La muestra es no probabilística por ello se calculará de acuerdo a la norma de adobe E- 080, el cual indica un mínimo de 6 cubos para ensayo a compresión y la norma

ASTM C-67 indica mínimo 5 mitades de unidades, para sacar la desviación estándar por tanto se optará por un mayor valor de 8 unidades para cada muestra.

Para la flexión y absorción también la norma ASTM-C67 indica un mínimo de 5 unidades por tanto se elaborará 8 unidades para flexión y 6 unidades para absorción con sus respectivas longitudes para cada muestra. e

Tabla 3 Cantidad de adobes para ensayo a compresión, flexión y absorción de la unidad de adobe compactado.

CANTIDAD DE ADOBES				
ENSAYO	PATRÓN	Porcentaje Óptimo = 0.5%		
		2"	2 1/2"	3"
Compresión	8	8	8	8
Flexión	8	8	8	8
Absorción	6	6	6	6
Parcial	22	22	22	22
<b>TOTAL</b>		<b>88.00 Unidades</b>		

Fuente: Elaboración Propia, 2018

### 2.3. Materiales, Instrumentos y método.

Aplicando los formatos propuesto por La Universidad Privada Del Norte los cuales están basados en normas técnicas, se procedió a toma de datos de manera de observación directa para la recolección de datos de los ensayos de suelo.

#### Suelo

La extracción del material se realizó mediante la excavación manual con pico y palana por el tesista, Una vez realizado ese proceso se procedió a realizar el cuarteo respectivo del material in situ para posteriormente ser llevado al campus UPN-C y hacer el ingreso al laboratorio para realizar su respectivo estudio.

El transporte de material se colocó en sacos cubiertos por bolsas para no alterar su humedad y evitar que se produzca alguna contaminación de la muestra, finalmente fue llevado al campus UPN-C para realizar los ensayos ya mencionados anteriormente.

**Ubicación de Cantera**

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: Baños del Inca

Comunidad: Shaullo Chico

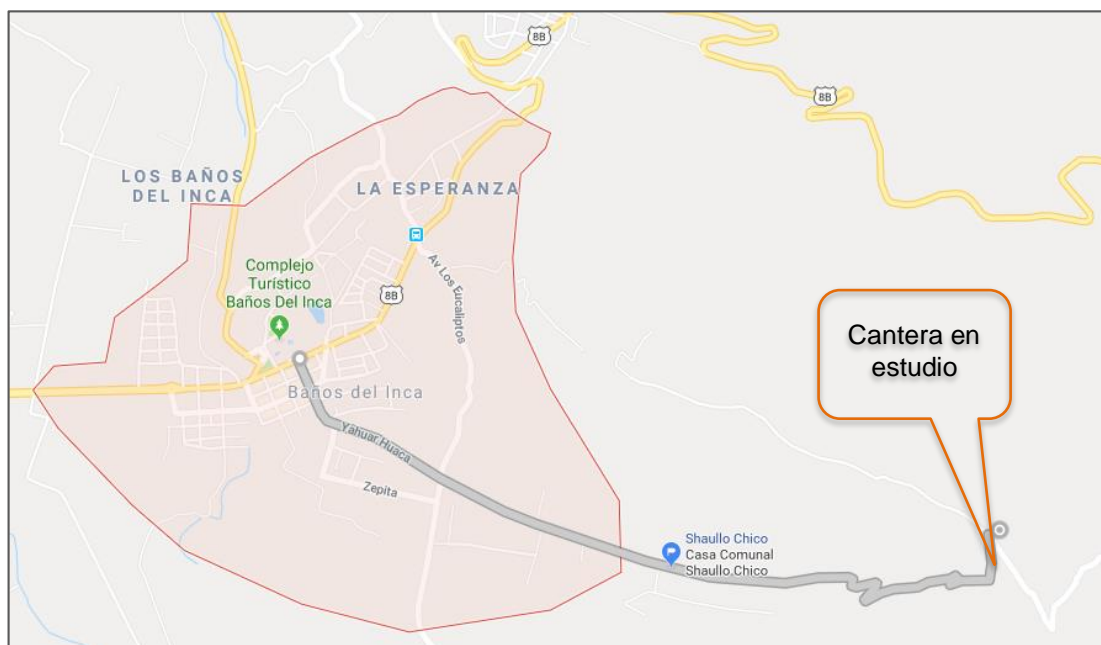


Figura 3. Ubicación de la cantera en estudio Shaullo Chico

Fuente: Google Earth, 2018

Tabla 4 *Coordenadas UTM de la Cantera Shaullo Chico*

<b>Este</b>	<b>Norte</b>
783490.70	9206578.40

Fuente: Elaboración Propia, 2018



*Figura 4.* Material extraído de cantera en distrito Baños del Inca comunidad Shaullo Chico.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Fibra de caña**

La fibra de caña fue extraída de la comunidad de San Martin ubicado en:

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajabamba

Distrito: Malcas

Comunidad: San Martin



Figura 5. Ubicación del lugar de extracción de la fibra de caña

Fuente: Google Earth, 2018

Tabla 5 *Coordenadas UTM de la extracción de la fibra de caña*

<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Cota</b>
814880.30	9168665.80	2051.00

Fuente: Elaboración Propia, 2018



Figura 6. Fibras de caña en la fábrica de la rica chancaca ubicado en la comunidad de San Martín distrito de Malcas.

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 7. Preparación de Las Fibras de caña

Fuente: Elaboración propia, 2018

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Esta investigación se realizará a través de ensayos y pruebas de laboratorio en los laboratorios de concreto y suelos de UPN Cajamarca, ensayos de granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, Proctor Modificado, ensayo de compresión, flexión y absorción para ambos ensayos se adicionará diferentes longitudes de fibras de caña con 0.5% de adición.

La información que se obtendrá en laboratorio, se procesará en gabinete en tablas y cuadros de Microsoft Excel, para tener un mejor entendimiento del procedimiento (Ver Tabla N° 4).

Tabla 6 *Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos.*

Técnicas	Instrumentos	Procedimientos para la recolección de datos
Conjunto de instrumentos para la realización de ensayos	Fichas de recolección de datos de ensayos.	<p><b>Ensayos en Laboratorio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contenido de humedad (MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127)</li> <li>- Análisis granulométrico (ASTM D421)</li> <li>- Límites de Plasticidad (ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111)</li> <li>- Clasificación de Suelos Unificados SUCS (ASTM D2487 / NTP 339.134)</li> <li>- Compactación Proctor Modificado (MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141)</li> <li>- Resistencia a Compresión</li> <li>- Resistencia a Flexión</li> <li>- Resistencia a la Absorción</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia, 2018

## 2.4.1. Ensayos realizados para determinar las propiedades del suelo.

### Procedimiento

#### Descripción general

Primero se realizará un análisis granulométrico, contenido de humedad y límites de Atterberg al suelo que se deseaba emplear para verificar el cumplimiento de los requisitos para la elaboración de los adobes. Luego se realizará ensayos de Proctor modificado: ensayo Proctor para el suelo sin adición de fibras vegetales en sus respectivos porcentajes y ensayo Proctor con adición de fibras de caña en un respectivo porcentaje de 0.5% para longitudes de caña de 2", 2 ½" y 3".

Luego se procederá a la elaboración de los adobes compactados de acuerdo a las longitudes de fibras establecidos en esta investigación para que finalmente se proceda a ensayar los especímenes en el laboratorio de concreto de UPN Cajamarca.

### Evaluación de las propiedades físicas de los especímenes

#### Contenido de humedad

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas (NTP 339.127, 1998).

$$W (\%) = \frac{WH - WS}{WS} \times 100$$

#### **Ecuación 1 Contenido de humedad**

**Donde:**

**W** = Contenido de agua o humedad (%).

**Ws** = Peso de la fase sólida de la muestra de suelo (peso de los sólidos o peso de la muestra seca, en gr.)

**WH** = Peso de la muestra húmeda (gr.).



### Material

- Muestra alterada extraída del estrato en estudio.

### Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperaturas.
- Recipiente o tara.

### Procedimiento

- Identificación del recipiente (A)
- Pesar el recipiente o tara (B).
- Pesar la muestra húmeda en el recipiente o tara (C).
- Secar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.
- Pesar la muestra seca en el recipiente o tara (D).
- Determinar el peso del agua (E) = C - D.
- Determinar el peso del suelo seco (F) = D - B
- Determinar el contenido de humedad (G) = (E / F) \* 100

$$(W\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

- Determinar el promedio del contenido de humedad (H).

### En Laboratorio

Para realizar este ensayo se ha tenido que seguir el procedimiento correspondiente de la norma NTP 339.127, 1998 (Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo) y la norma ASTM D2216.

Para este ensayo se tomó tres muestras del suelo, se los colocó en taras, luego se procedió a pesar cada muestra antes de introducirle al horno por un tiempo de 24 horas.



Figura 8. Sacando el Contenido de Humedad

Fuente: Elaboración propia, 2018

### Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado

Se utiliza cuando el material es fino (arcilloso, arenoso, limo arenoso) o cuando un material granular contiene finos (NTP 339.128, 1999).

#### **Procedimiento.**

Secar la muestra

Pesar la muestra seca ( $W_s$ )

Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar durante algunas horas dependiendo del tipo de material.

Tamizar la muestra por la malla N° 200 mediante chorro de agua

La muestra retenida en la malla N° 200 se retira en un recipiente y se deja secar.

Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante tamizador

Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%RP)

$$\% R.P = \frac{P.R.P}{W_s} \times 100$$

### **Ecuación 2 Porcentajes de los pesos Retenidos**

Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los % RP, es decir:

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

$$\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, \text{ etc.}$$

Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%R. A$$

### **Ecuación 3 Porcentajes que pasa en cada tamiz**

Finalmente dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros y en el eje de ordenadas se registrarán los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan.

### **En Laboratorio**

El análisis granulométrico nos sirve para saber la composición de tamaño de las partículas del suelo, se realizó por el método de lavado siguiendo el procedimiento de la norma NTP 339.128, 1999 y la norma ASTM D421.

Se tomaron 500 gr de material.

El ensayo consistió en lavar el material en un recipiente limpio hasta que el agua de lavado quede cristalina, como segundo paso se colocó el material en una tara y ser pesado y posterior a esto fue llevado al horno para su secado de 24 horas.



*Figura 9.* Proceso del ensayo de Granulometría por lavado

Fuente: Elaboración propia, 2018

Finalmente, cumplidas las 24 horas de secado se sacó la muestra del horno y se tamizó por los tamices siguientes N° 4, N° 10, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200 para obtener los porcentajes de arena, limo y arcilla que contiene dicho suelo de acuerdo a los porcentajes retenidos de la muestra en cada tamiz.



Figura 10. Proceso de tamizado del material

Fuente: Elaboración propia, 2018

### Ensayo de límites de consistencia o límites de Atterberg

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico, puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg (Juárez, 2015).

1. Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
2. Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
3. Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
4. Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
5. Estado sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

Los anteriores estados son fases generales por las que pasa el suelo al irse secando y no existen criterios estrictos para distinguir sus fronteras. El establecimiento de éstas ha de

hacerse en forma puramente convencional. Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre de “límites de consistencia” (Juárez, 2015).

### **1. Límite Líquido (LL)**

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a 10 largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2”) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo (NTP 339.129, 1999).

### **2. Límite Plástico (LP)**

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilos de 3,2 mm. (1/8”) sin que se rompan en pedazos (NTP 339.129, 1999).

### **3. Índice de Plasticidad (IP)**

Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (NTP 339.129, 1999).

#### **Donde:**

LL = Límite líquido (%)

LP = Límite plástico (%)

IP = Índice de plasticidad (%)

#### **1.1. Procedimiento del Ensayo de Límite Líquido (LL).**

##### **Material:**

- Suelo seco que pasa la malla N° 40

##### **Equipo:**

- Malla N° 40

- Copa de Casagrande
- Ranurador o acanalador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Estufa con control de temperatura
- Espátula
- Probeta de 100 ml
- Cápsula de porcelana
- Taras identificadas

**Procedimiento:**

- En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme
- Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes
- Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm, registrar el número de golpes.
- Mediante la cápsula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- Retirar el suelo de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35)
- Lavar y secar el acanalador
- Repetir el ensayo minino 2 veces
- Dibujar a curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.

Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo

## 2.1. Procedimiento del Ensayo de Límite Plástico (LP).

### Referencias:

- ASTM D4318 / MTC E111

### Material:

- Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido

### Equipo:

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa
- Espátula
- Cápsula de porcelana
- Placa de vidrio
- Taras identificadas

### Procedimiento

- A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
- Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.
- Repetir el ensayo una vez más
- El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad.

## 2.2. Procedimiento del ensayo de índice de plasticidad IP).

- Índice de Plasticidad (%) = Límite Líquido (%) – Límite Plástico (%)

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 4 Índice de plasticidad



### En Laboratorio

Este ensayo nos sirve para clasificar el suelo, se realizó el ensayo de límite líquido, límite plástico y por diferencia se calculó el índice de plasticidad para este ensayo se siguió el procedimiento que nos indica la norma (NTP 339.129, 1999) y la norma ASTM D4318.



Figura 11. Realizando el ensayo de límites de consistencia o Atterberg

Fuente: Elaboración propia, 2018

## Análisis Granulométrico por sifonaje

### **Material:**

- Muestra seca
- 5 ml. de defloculante (silicato de sodio)
- Agua

### **Equipo:**

- Agitador mecánico
- Probeta de 5 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Pisco metálico con vástago
- Manguera para sifonaje.
- Estufa con control de temperatura
- Tamiz N° 10, N°40, N°200.
- Cápsula de porcelana

### **Procedimiento:**

- Secar la muestra
- Pesar la muestra seca ( $W_s$ )
- Separar el material mediante la malla N° 10, el material retenido es grava, el material que pasa es arena y arcilla.
- Pesar el material retenido en la malla N° 10
- Pesar el material que pasa la malla N° 10, colocar en la cápsula de porcelana, agregar agua, 5 ml, de silicato de sodio y mezclar.
- Trasladar la muestra a un agitador mecánico y dejar 15 minutos.
- Vaciar la mezcla del agitar a una probeta de 1000 ml luego agregar agua hasta una altura de 20 cm, agitar durante 1 minuto.
- Dejar reposar la probeta con la muestra durante 15 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.075 mm y 0.005 mm, durante 30 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.075 mm y 0.002 mm, durante 20 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.05 mm y 0.005 mm.

- Colocar el disco metálico en la probeta hasta donde se encuentra el material sedimentado, luego sifonear con la manguera el agua con el material que quedado en suspensión.
- Sacar la muestra sedimentada, secar en la estufa durante 24 horas a 105 °C.
- Pesar la muestra seca (Ws)
- Determinar la cantidad de arcilla por diferencias de pesos W arcilla.
- La muestra sedimentada seca se tamiza en las mallas N° 40 y N° 200.
  - El material retenido en la malla N° 40 es arena gruesa.
  - El material que pasa la malla N° 40 y se retiene en la malla N° 200 es arena fina.
  - El material que pasa la malla N° 200 es limo.

### En Laboratorio



*Figura 12.* Pesando la muestra seca

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 13.* Colocando el material en la cápsula

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 14.* Dejando reposar la muestra durante 15 minutos y luego se sifonea con la manguera

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 15. Secado del material en la estufa durante 24 horas.

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 16. Tamizado del material por la malla N° 40 y N° 200

Fuente: Elaboración propia, 2018

### Clasificación de los suelos finos

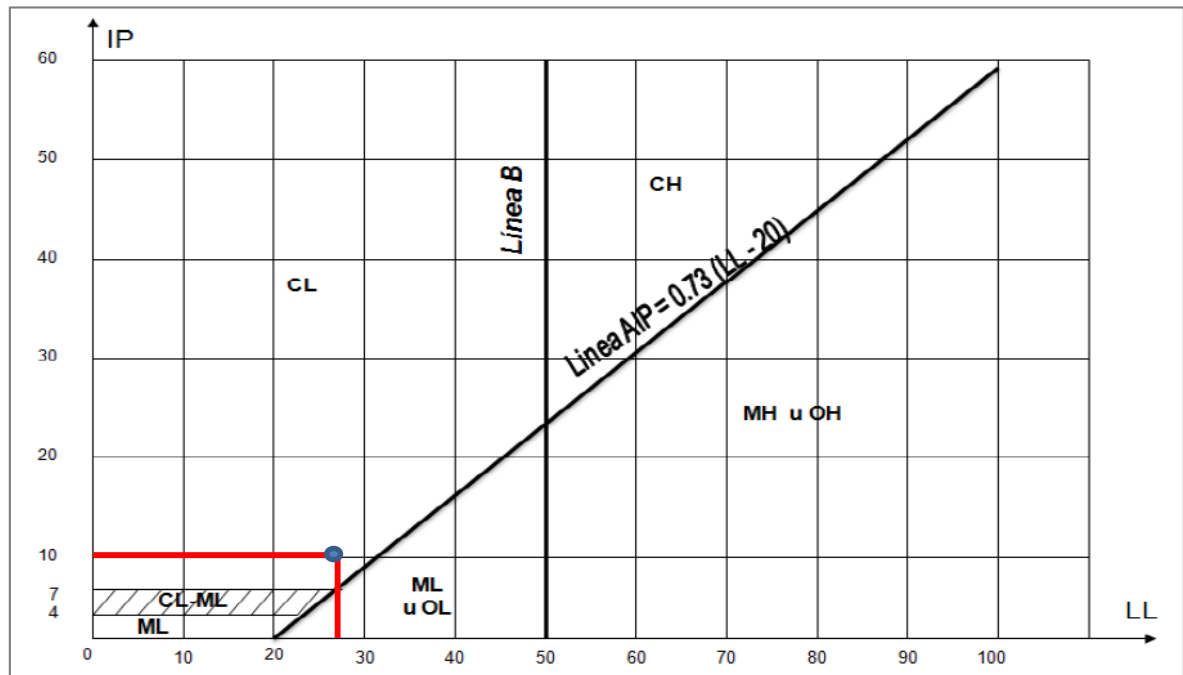
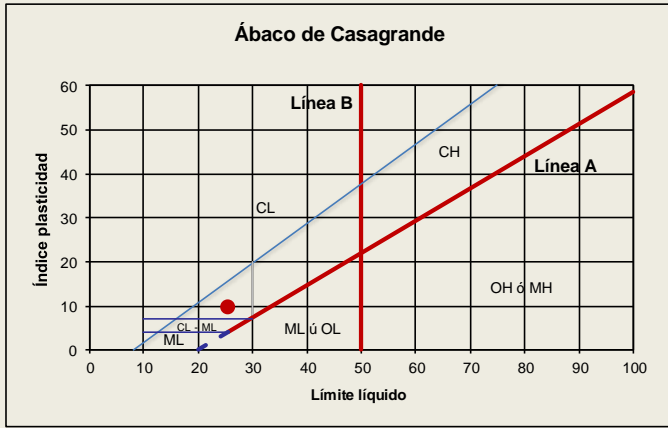


Figura 17. Carta de Plasticidad Casagrande

Fuente: Eulalio Juárez Vadillo, 2005.

Tabla 7 Sistemas de clasificación de suelos unificados "SUCS"

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO.</b> Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	<b>GW</b>	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% >12% >GM, GC, SM, SC. 5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .	Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .	Los límites situados en la zona rayada con $IP$ entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
			<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	
<b>SUELOS DE GRANO FINO.</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido menor de 50	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.				
		<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.				
		<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
		<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
		<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.				
		<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				
<b>Suelos muy orgánicos</b>							

### Ensayo de Proctor Modificado

El método está basado en la determinación de las densidades secas de varias probetas, compactadas en idénticas condiciones, pero con contenidos de humedad diferentes. Para cada contenido de humedad se alcanza una determinada densidad, de manera que estos pares de valores, representados en coordenadas cartesianas, definen la relación buscada.

- ✓ Se define “humedad óptima (Dh)” del suelo a aquella con la que se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación.

$$D_h = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda}}{\text{Volumen del molde}}$$

#### Ecuación 5 Humedad óptima (O.C.H)

- ✓ Se define como “densidad seca máxima Proctor Modificado (Ds)” del suelo la que se obtiene para la “humedad óptima” con la energía de compactación especificada anteriormente (NTP. 339.141. Ensayo de Proctor modificado, 2000).

$$D_s = \frac{\text{Densidad húmeda}}{\left(1 + \frac{\text{Contenido de humedad promedio}}{100}\right)}$$

#### Ecuación 6 Densidad seca (Ds)

### Procedimientos alternativos

1. Método A.- Un molde de 101.6 mm (4 pulg); material que pasa la malla N° 4 (4.75 mm).
2. Método B.- Un molde de 152.4 mm (6 pulg); material que pasa la malla N° 4 (4.75 mm).
3. Método C.- Un molde de 152.4 mm (6 pulg); material que pasa la malla de ¾ pulg (19.0 mm).
4. Método D.- Un molde de 152.4 mm (6 pulg); material que pasa la malla de ¾ pulg (19.0 mm), corregido por reemplazo del material retenido en la malla de ¾ pulg.



**NOTA 1.-** Los suelos y las mezclas de suelo-agregado deben ser considerados como suelos naturales de grano fino o grueso o compuestos o mezcla de suelos naturales o mezclas de suelos naturales y suelos procesados o agregados, tales como: limo, grava o roca triturada.

**NOTA 2.-** Estos métodos de ensayo de compactación en el laboratorio, cuando son usados en suelos y mezclas suelo-agregados los cuales no tienen drenaje libre, en la mayoría de los casos pueden establecer una relación bien definida entre el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad. Mientras que para suelos y mezclas de suelo-agregados con drenaje libre, estos métodos en muchos casos no producen una relación bien definida humedad-densidad, y la máxima densidad obtenida es generalmente menor que la obtenida por métodos vibratorios. (ASTM D1557-78, 2005).

**METODO "B" PARA PROCTOR MODIFICADO, según ASTM D1557-78:**

- ✓ Molde: 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.
- ✓ Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).
- ✓ Capas: 5
- ✓ Golpes por capa: 25
- ✓ Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).

Tabla 8 *Proctor Modificado*

Tipo de ensayo Método	PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.91 (98)		
	A	B	C
Condiciones para la elección del método	%Retenido Acumulado N°4 ≤20 %	%Ret.Acum.3/8'' ≤20 % %Ret.Acum. N°4 >20 %	%Ret.Acum.3/4'' ≤30 % %Ret.Acum. N°3/8'' >20 %
Tipo de material utilizado	Pasante la malla N°4	Pasante la malla 3/8''	Pasante la malla 3/4''
N° de capas (n)	5	5	5

N° de golpes (N)	25	25	25
Diámetro de molde (cm)	10.16±0.04	10.16±0.04	15.24±0.07
Altura del molde (cm)	11.64±0.05	11.64±0.05	11.64±0.05
Volumen del molde V (cm <sup>3</sup> )	944±0.14	944±0.14	2124±0.25
Peso del martillo W (kg)	4.54±0.01	4.54±0.01	4.54±0.01
Altura caída del martillo (cm)	45.72±0.16	45.72±0.16	45.72±0.16
Diámetro del martillo (cm)	5.08±0.025	5.08±0.025	5.08±0.025
Energía de compactación (kg/m <sup>2</sup> )	27.486	27.485	27.363

Fuente: Adaptado de NTP. 339.141, 2000.

### **Proctor en Laboratorio.**

Para realizar el ensayo de proctor el material se ha tenido que secar durante un tiempo de 4 días para dicho ensayo se utilizó el método A del proctor modificado, ya que al pasar el material seco por la malla numero 4 el porcentaje retenido fue menor al 20%. Este ensayo se realizó siguiendo el procedimiento de la norma (NTP 339-141, 1999) y la norma ASTM D1557.



*Figura 18.* Mezclado de la muestra para el ensayo

Fuente: Elaboración propia, 2018

Finalmente se realizó la compactación de la muestra patrón y de la muestra con adición de fibras de caña en longitudes de 2", 2 ½" y 3" con un porcentaje de 0.5% el peso mediante 25 golpes por capa en un total de 5 capas según Proctor modificado.



*Figura 19.* Compactación de la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 20.* Compactación de muestra con adición de fibras de caña con sus respectivas longitudes verificado por mi asesor Iván Mejía Díaz

Fuente: Elaboración propia, 2018

## **Diseño experimental**

Una vez obtenido la clasificación de suelos y sus resultados cumpliendo con la norma se realizó el diseño de mezclas utilizando el proctor para utilizar la cantidad de agua por adobe de acuerdo al contenido de humedad.

## REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DEL BLOQUE DE ADOBE COMPACTADO

### Requisitos Generales

La norma E.080, presenta los siguientes requisitos generales para la elaboración del adobe:

La Gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes, arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos.

El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.

El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

Según estudios realizados por Barros & Imhoff, 2010, muestra una recopilación de datos de distintos autores que recomiendan granulometrías óptimas de suelos para ser estabilizados.

*Tabla 9 Zonas especiales dentro de las cuales se debe ubicar el valor de los límites de Atterberg de un suelo a utilizar en la construcción con tierra*

<b>Límites de Consistencia o de Atterberg</b>	<b>Zonas Límites</b>	<b>Zonas Preferenciales</b>
Índice plástico	De 7 a 29	De 7 a 18
Límite líquido	De 25 a 30	De 30 a 35
Índice de plasticidad	De 10 a 25	De 12 a 22

Fuente: Adaptado de Carrete, 1979.

### Formas y dimensiones

La Norma E.080, nos brinda información sobre las formas y dimensiones del bloque de adobe, que a manera de información se mostrará en la presente tesis, mas no se tomará en cuenta, ya que uno de los objetivos es reducir las dimensiones del bloque, teniendo en cuenta lo citado por San Bartolomé, 2009, donde describe que uno de los defectos de las construcciones de tierra ante un sismo, se debería a su gran masa, debido al tamaño que comúnmente tienen los bloques de adobe.

**Formas y dimensiones, según (Norma E.080).**

- El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°.
- El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso
- El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.
- La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

Para el estudio de la presente tesis el bloque de adobe compactado tendrá las siguientes dimensiones:

**Largo = 30 cm, Ancho = 15 cm, Espesor = 10 cm**

Esta medida fue extraída de la máquina **CINVA RAM** de la **Universidad Privada del Norte** donada por el exalumno el Ing. Iván Hedilbrando Mejía Díaz.

**Fabricación de los bloques.**

La fabricaron del adobe compactado no se desarrolló en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte por el poco espacio que éste presenta, para ello se utilizó un local de la institución educativa Rafael Olascoaga dentro de Cajamarca localizado en:

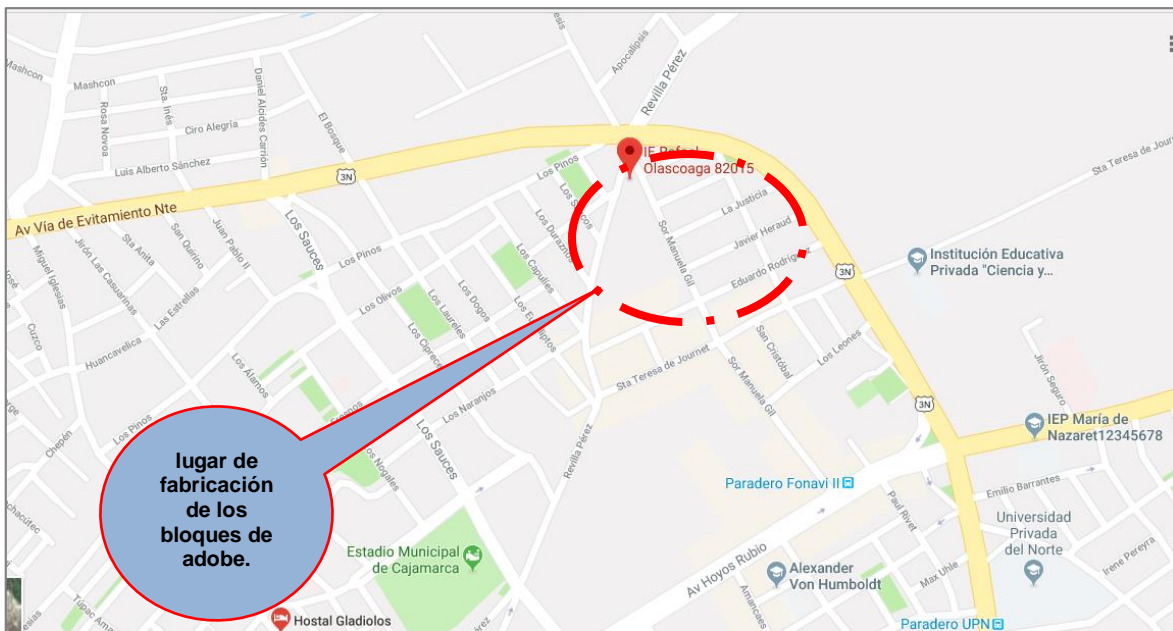


Figura 21. Institución Educativa Rafael Olascoaga lugar de fabricación de los bloques de adobe.

Fuente: Google Earth, 2018

**Secado del material para la fabricación de los bloques.**



*Figura 22. Secado del material para la fabricación de los bloques de adobe compactado*

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 23. Fabricación de los bloques de adobe compactado*

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 24. Acopio de los bloques de tierra comprimida para su secado

Fuente: Elaboración propia, 2018

## Evaluación de las propiedades del adobe compactado

### Ensayo a compresión

El ensayo de compresión se realiza usualmente en testigos de medias unidades secas, aunque algunas normas proponen o aceptan el ensayo de unidades enteras e incluso de dos medias unidades separadas por una junta de mortero. La carga de compresión se aplica perpendicular a la superficie de asiento. Si el testigo es muy irregular, es rellenado con pasta de cemento portland poco antes de colocar el recubrimiento, normalmente de azufre, para lograr el contacto uniforme con los cabezales de la máquina de compresión. El ensayo se realiza hasta la rotura.

La resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) se determina dividiendo la carga de rotura ( $P_u$ ) entre el área bruta ( $A$ ) de la unidad cuando esta es sólida o tubular y el área neta ( $A$ ) cuando es hueca o perforada; la norma peruana; sin embargo, considera siempre como divisor el área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente. Así, se obtiene el valor (Gallegos & Casabonne, 2005).

Este ensayo se lo realizó en la Universidad Privada del Norte en el laboratorio de concreto en la máquina prensa hidráulica para ensayo a compresión.



Según norma E.080 la resistencia a compresión de la unidad se determina ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de los ensayos se harán unidades secas, éstas se deberán ensayar en un mínimo de 6 cubos

Para el ensayo a compresión se utilizó la Norma ASTM C-67 - Norma de método de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales.

Los especímenes ensayados, fueron:

En total 32, de los cuales, 8 para los adobes patrones, 8 para adobe con 2" de longitud de fibra de caña, 8 para 2 ½" de longitud de fibra de caña, 8 para 3" de longitud de fibra de caña.

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

#### Ecuación 7 Presión

##### **Donde:**

P = es la presión (N/m<sup>2</sup>).

F= es la fuerza normal (N).

A= es el área sobre la que se aplica la fuerza (m<sup>2</sup>).

En el Sistema Internacional de Unidades se mide en newton por metro cuadrado, unidad derivada que se denomina pascal (Pa).

En el laboratorio, para el cálculo de la Resistencia a Compresión, se usará la siguiente ecuación, que es la misma con diferente nombre.

#### **Ensayo a flexión**

Medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural a las fuerzas flectoras. También llamada resistencia a la tracción (Diccionario de Arquitectura y Construcción, 2016).

Este ensayo se lo realizó en la Universidad Privada del Norte en el laboratorio de concreto en la máquina prensa hidráulica para ensayo a flexión.

El espécimen ensayado se realizó siguiendo la Norma ASTM C-67 - Norma de métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales.

Los especímenes ensayados, fueron:

En total 32, de los cuales, 8 para los adobes patrones, 8 para adobe con 2" de longitud de fibra de caña, 8 para 2 ½" de longitud de fibra de caña, 8 para 3" de longitud de fibra de caña.

$$f'_b = \frac{3 * Pu * l}{2 * b * t^2}$$

Ecuación 8 Resistencia a flexión

**Donde:**

$f'_b$  = Resistencia a la flexión (Kg/cm<sup>2</sup>)

$P_u$  = Carga de rotura (Kg)

$L$  = Luz entre ejes de apoyos (cm)

$b$  = Ancho de la unidad (cm)

$t$  = Altura (cm)

### Ensayo de absorción

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de esta durante cinco horas y el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes (Gallegos & Casabonne, 2005).

Según norma ASTM C-67 - Norma de métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales, indica que la absorción de cada espécimen se mide como la relación que existe entre el peso del agua absorbida por la unidad después de haberla sumergido durante 24 horas en una poza de agua.

Los especímenes ensayados, fueron:

En total 24, de los cuales, 6 para los adobes patrones, 6 para adobe con 2" de longitud de fibra de caña, 6 para 2 ½" de longitud de fibra de caña, 6 para 3" de longitud de fibra de caña.

$$\%ABS = \frac{P2-P1}{P1} * 100$$

#### Ecuación 9 Absorción de agua

#### Donde:

%ABS = Porcentaje de absorción de agua (%)

P1 = Peso de la unidad seca (gr)

P2 = Peso de la unidad saturada (gr)

#### Aspectos éticos

Los aspectos éticos considerados en la presente investigación son:

- La confiabilidad de todos los resultados obtenidos a través de los ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, siguiendo los parámetros establecidos por las normas que se aplicó para la presente investigación.
- El uso del aditivo o estabilizante que se use para la elaboración del adobe compactado no sea perjudicial para las personas ni para el medio ambiente que lo utilicen en futuras investigaciones.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Resultados de los ensayos para la clasificación del suelo

#### Cantera N° 01: Carretera baños - Cruce de Shaullo Chico

##### Contenido de humedad

- W = 18.05 %

##### Límites de Atterberg

###### Límite líquido (LL)

- LL= 32.38 %

###### Límite plástico (LP)

- LP= 22.63%

###### Índice de plasticidad (IP)

- IP= 9.75%

##### Análisis granulométrico

Del ensayo granulométrico se obtuvo:

Porcentaje que pasa la malla N° 4 = **94.14%**

Más del 12% pasa la malla N° 200 = **41.40%**

##### Cosificación del suelo

De acuerdo a los ensayos de límites de Atterberg se procedió a clasificar el suelo en la carta de plasticidad obteniendo el resultado siguiente:

Menos del 50% del suelo seco del espécimen pasa la malla N° 200 (75  $\mu$ m) suelo grueso y con los datos de límite líquido e índice de plasticidad, se lleva estos valores a la Carta de Plasticidad, en la cual los valores se ubican por debajo de la Línea A y su índice de plasticidad es mayor que 7, por lo que su clasificación por SUCS se considera como:

**CL-ML: Arcilla limosa o limo arcilloso inorgánico de plasticidad baja o media.**

*Por lo tanto, el material de esta cantera no es un suelo apto para hacer bloques de tierra compactado.*

## Cantera N° 02: Shaullo Chico - cruce carretera Shaullo Grande

### Contenido de humedad

Tabla 10 *Contenido de humedad del suelo*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	4
A	N° recipiente (tara)		N° 01	N° 02	N° 03
B	peso del recipiente	gr	26.60	27.20	26.60
C	recipiente + suelo húmedo	gr	116.80	117.90	118.70
D	recipiente + suelo seco	gr	105.70	106.90	107.40
E	peso del suelo húmedo (Ww) C - D	gr	11.10	11.00	11.30
F	peso suelo seco (Ww) D - B	gr	79.10	79.70	80.80
W%	porcentaje de humedad (E/F)*100	%	14.03 %	13.80 %	13.99 %
PROMEDIO W (%)			13.94 %		

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado del ensayo de contenido de humedad que se obtuvo de la muestra es de **13.94%**.

### Límites de Atterberg

Tabla 11 *Límite Líquido*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	identificación de recipiente	N°	N° 01	N° 03	N° 04
B	suelo húmedo + recipiente	gr	48.30	54.60	47.80
C	suelo seco + recipiente	gr	43.60	48.70	43.50
D	peso de recipiente	gr	27.30	27.50	27.30
E	peso del agua	gr	4.70	5.90	4.30
F	peso suelo seco	gr	16.30	21.20	16.20
G	N° de golpes	N	15	24	33
H	contenido de humedad	%	28.83	27.83	26.54

Fuente: Elaboración propia, 2018

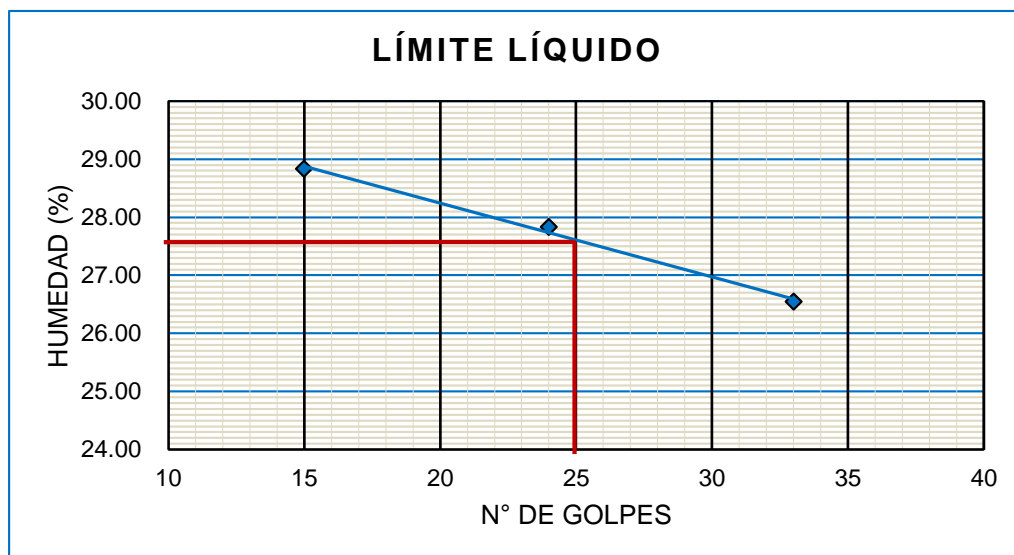


Gráfico 1. Límites de atterberg

Fuente: Elaboración propia, 2018

### Límite líquido

El resultado obtenido del ensayo es:

límite líquido = **27.74 %**

### Límite plástico

Tabla 12 Determinación del límite plástico

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	identificación de recipiente	Nº	Nº 01	Nº 03	Nº 05
B	suelo húmedo + recipiente	gr	37.40	36.20	33.70
C	suelo seco + recipiente	gr	36.00	34.80	32.70
D	peso de recipiente	gr	27.50	27.10	27.00
E	peso del agua	gr	1.40	1.40	1.00
F	peso suelo seco	gr	8.50	7.70	5.70
G	contenido de humedad	%	16.47	18.18	17.54
H	PROMEDIO LÍMITE PLÁSTICO	%	17.40 %		

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido del ensayo del límite plástico es:

Límite plástico = **17.40%**

## Índice de plasticidad

*Tabla 13 Cálculo del Índice de Plasticidad*

---

LL = 27.74 %	LP = 17.40 %	IP = 10.34 %
--------------	--------------	--------------

---

Fuente: Elaboración propia, 2018

## Análisis granulométrico

Del ensayo granulométrico se obtuvo:

Porcentaje que pasa la malla N° 4 = **98.50%**

Más del 12% pasa la malla N° 200 = **28.88%**

De acuerdo a los ensayos realizados y con los resultados que se obtuvo podemos decir que el suelo es adecuado para la elaboración de adobes, ya que según la norma E.080, la gradación del suelo debe aproximarse a: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70% y no se deberá utilizar suelos orgánicos.

## Clasificación del suelo

Con los resultados anteriores, de límites de consistencia, se procedió a clasificar el suelo en la carta de plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Menos del 50% pasa la malla N° 200 suelo grueso y con los datos de límite líquido e índice de plasticidad, se lleva estos valores a la carta de plasticidad, en la cual los valores se ubican encima de la línea A y además su índice de plasticidad es mayor que 7, por lo que su clasificación se considera como:

Según clasificación SUCS es un SC: Arenas arcillosa, mezclas arena-arcilla.

*Por tanto, es un suelo apto para la fabricación de bloques de adobe compactado.*

Tabla 14 Análisis granulométrico del suelo

TAMIZ ASTM		PESO RETENIDO		% ACUMULADO	
Malla	mm	GRAMOS	%	RETENIDO	% Q' PASA
N° 4	4.76	7.50	1.5	1.5	98.50 %
N° 10	2.00	12.50	2.5	4	96.00 %
N° 20	0.84	11.10	2.22	6.22	93.78 %
N° 30	0.59	10.00	2	8.22	91.78 %
N° 40	0.42	15.40	3.08	11.3	88.70 %
N° 60	0.25	125.00	25	36.3	63.70 %
N° 100	0.15	94.10	18.82	55.12	44.88 %
N° 200	0.07	80.00	16	71.12	28.88 %
PERDIDA		144.40	28.88	100	0.00
TOTAL		500.00	100		

Fuente: Elaboración propia, 2018

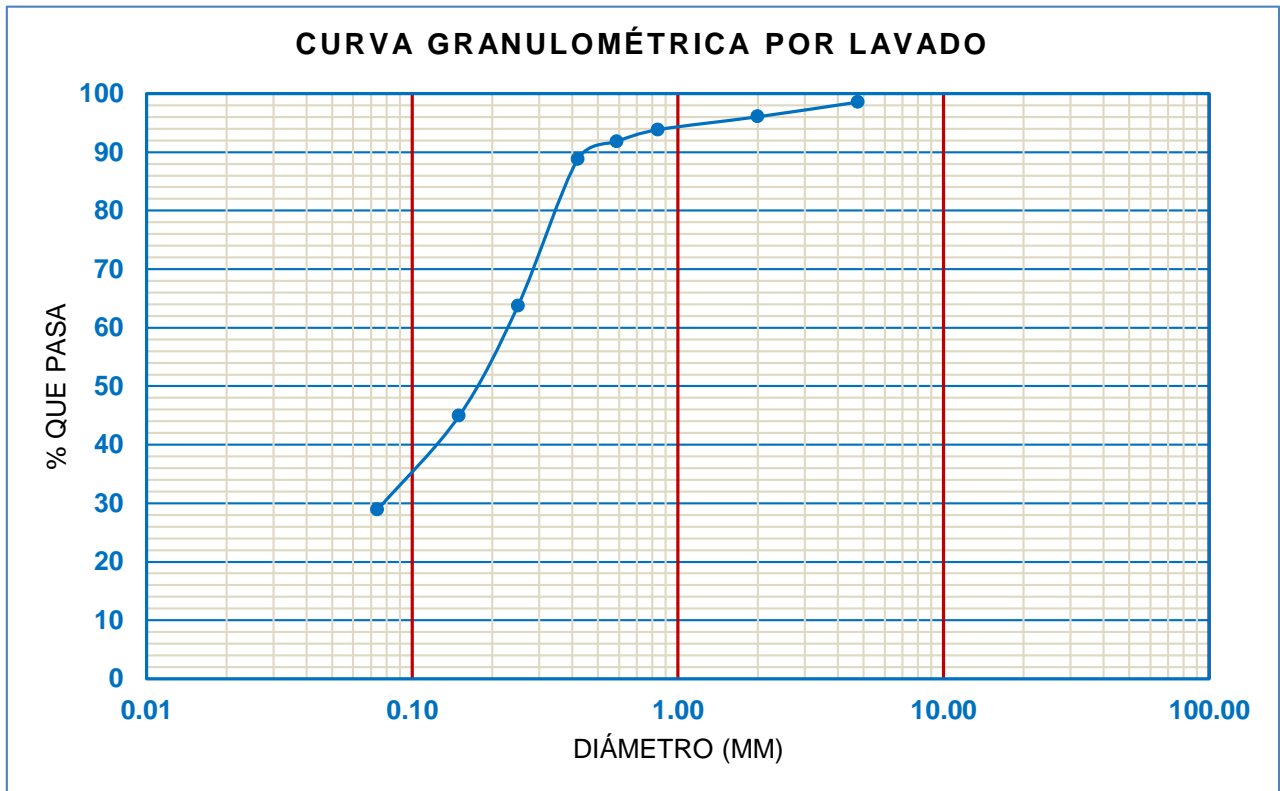


Gráfico 2. Curva de distribución granulométrica

Fuente: Elaboración propia, 2018



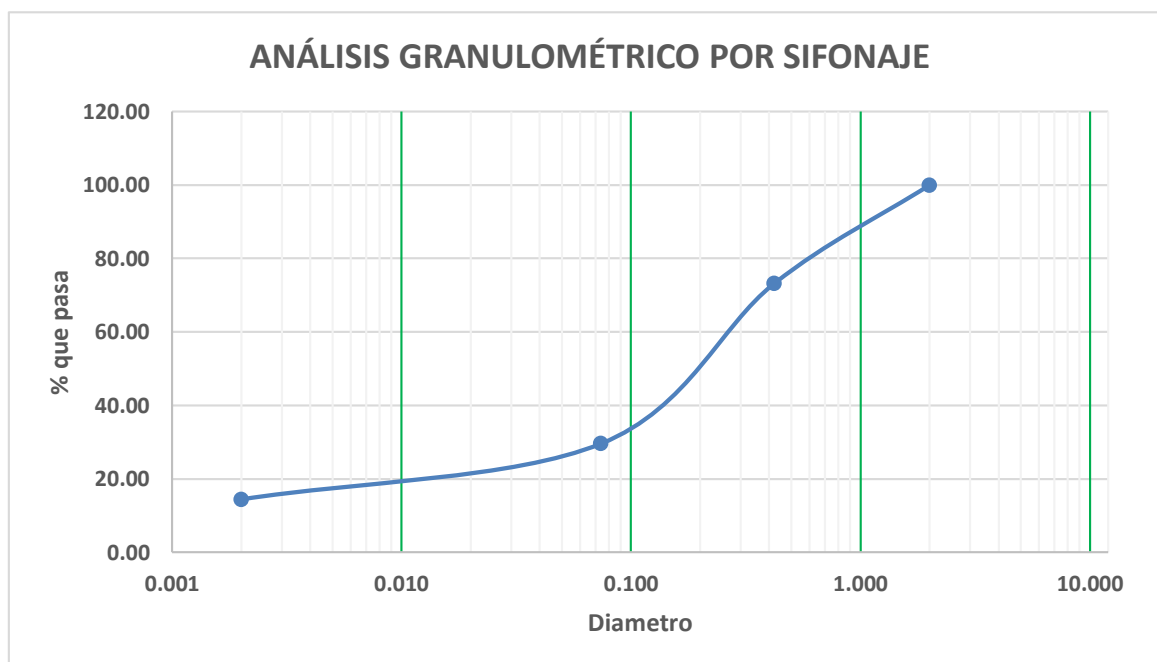
Tabla 15 Análisis granulométrico del suelo por sifonaje

Malla	Malla (mm)	Peso Retenido	%R.P	% R.A	% Pasa
N° 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 40	0.42	40.23	26.82	26.82	73.18
N° 200	0.074	65.32	43.55	70.37	29.63
Limo	0.002	22.75	15.17	85.53	14.47
Arcilla	0.0002	21.70	14.47	100.00	0.00
Total		150.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La Gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes, arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos.

Gráfico 3. Curva de distribución granulométrica por sifonaje



Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Proctor Modificado

Para determinar el contenido óptimo de humedad y así tener el óptimo grado de compactación, se procedió a realizar el ensayo de Proctor Modificado (Método A) según la ASTM D-1557.91.

Tabla 16 *Proctor Modificado muestra patrón*

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03		MOLDE N° 04	
	Peso molde (gr)	4182.10		4182.10		4182.10		4182.10
Pmh + molde (gr)	5207.50		5798.90		6162.00		5921.60	
Pmh (gr)	1025.40		1616.80		1979.90		1739.50	
Vmh (cm <sup>3</sup> )	937.22		937.22		937.22		937.22	
Dh (gr/cm <sup>3</sup> )	1.09		1.73		2.11		1.86	
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b
Pt (gr)	26.40	27.30	27.00	27.30	27.50	27.30	27.10	27.60
Pmh + t (gr)	74.20	75.20	69.80	66.90	88.80	95.00	111.70	108.90
Pms + t (gr)	71.80	73.90	67.20	64.40	84.50	89.30	101.70	99.20
Pw (gr)	2.40	1.30	2.60	2.50	4.30	5.70	10.00	9.70
Pms (gr)	45.40	46.60	40.20	37.10	57.00	62.00	74.60	71.60
W (%)	5.29	2.79	6.47	6.74	7.54	9.19	13.40	13.55
W prom (%)	4.04		6.60		8.37		13.48	
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	1.05		1.62		1.95		1.64	

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido del ensayo Proctor Modificado (Muestra patrón) es:

$$\begin{aligned} D_{\text{max}} &= 2.15 \text{ gr/cm}^3 \\ \text{O.C.H.} &= 10.50 \% \end{aligned}$$

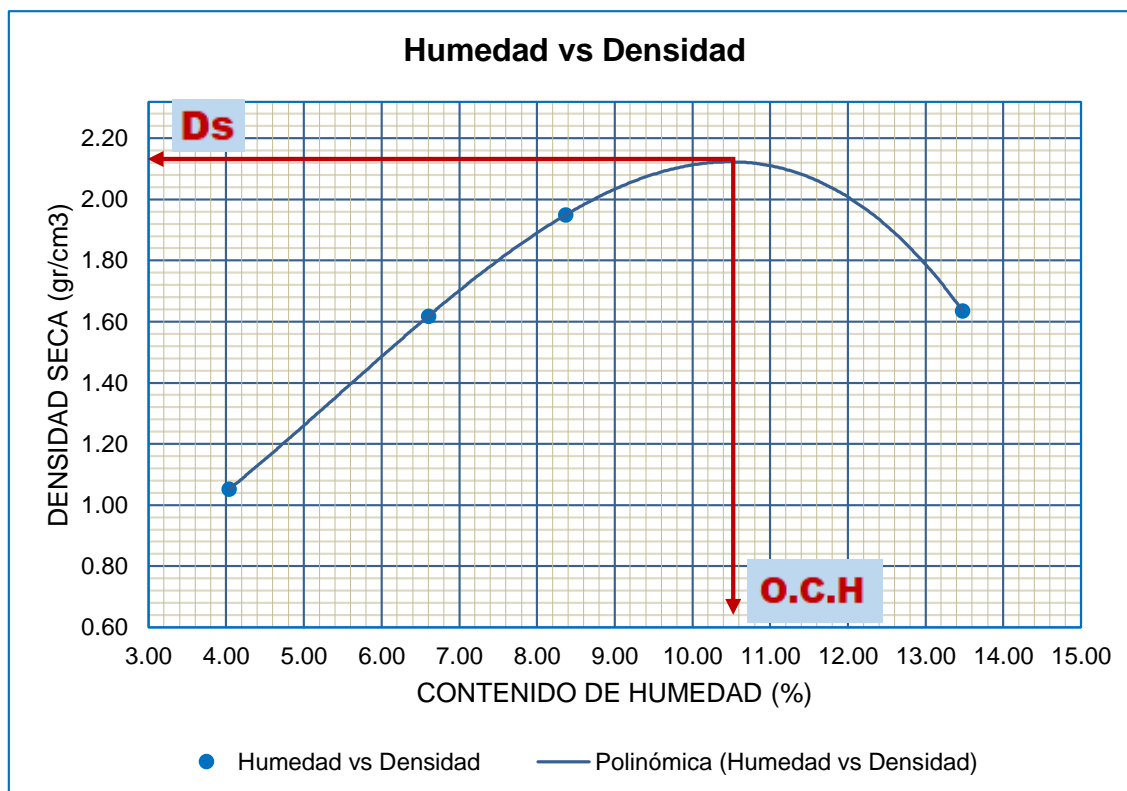


Gráfico 4. Proctor Modificado muestra patrón

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 17 Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 2''

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03		MOLDE N° 04	
Peso molde (gr)	4182.10		4182.10		4182.10		4182.10	
Pmh + molde (gr)	5750.00		6191.40		6103.00		5825.00	
Pmh (gr)	1567.90		2009.30		1920.90		1642.90	
Vmh (cm³)	937.22		937.22		937.22		937.22	
Dh (gr/cm³)	1.67		2.14		2.05		1.75	
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b
Pt (gr)	28.20	27.60	27.10	26.60	26.60	27.30	27.30	26.60
Pmh + t (gr)	120.90	127.10	129.50	128.60	120.50	128.40	144.10	136.80
Pms + t (gr)	117.60	116.80	117.40	116.10	112.90	109.40	120.10	120.80
Pw (gr)	3.30	10.30	12.10	12.50	7.60	19.00	24.00	16.00
Pms (gr)	89.40	89.20	90.30	89.50	86.30	82.10	92.80	94.20
W (%)	3.69	11.55	13.40	13.97	8.81	23.14	25.86	16.99
W prom (%)	7.62		13.68		15.97		21.42	
Ds (gr/cm³)	1.55		1.89		1.77		1.44	

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido del ensayo Proctor Modificado (Muestra + 0.5% de fibras de caña para una longitud de 2'') es:

$$D_{smax} = 1.91 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 12.00 \%$$

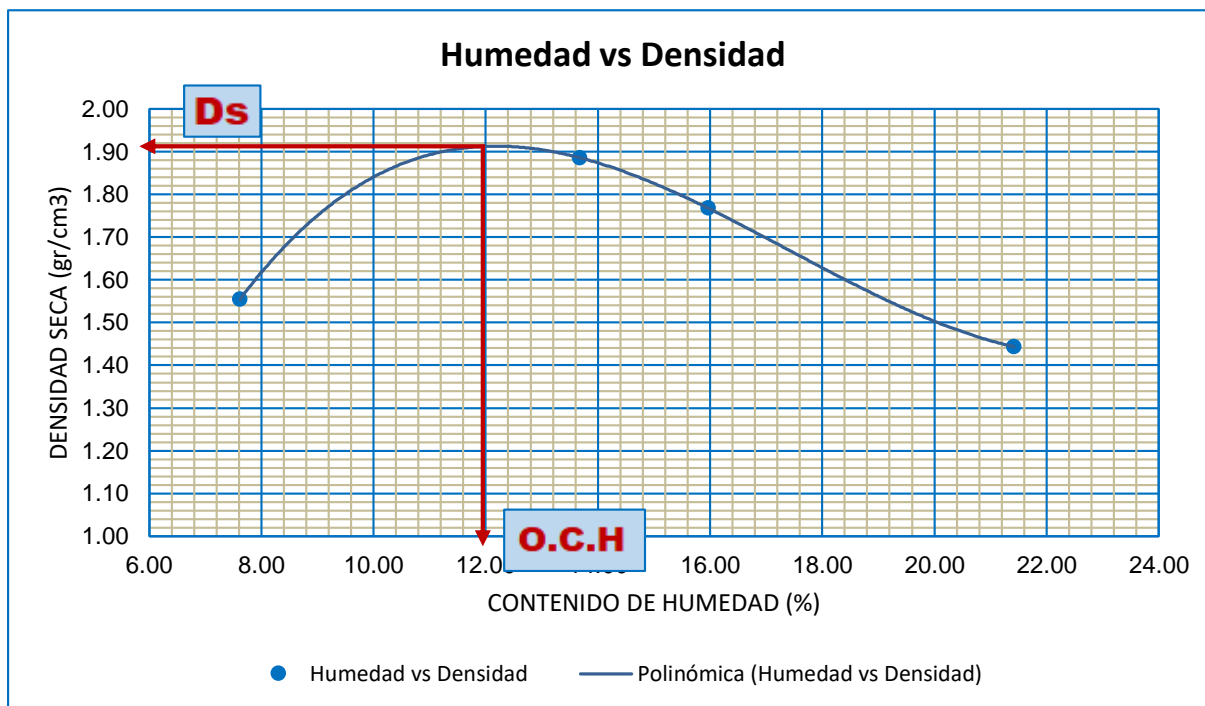


Gráfico 5. Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 2"

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 18 Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 2 ½"

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03		MOLDE N° 04	
Peso molde (gr)	4182.10		4182.10		4182.10		4182.10	
Pmh + molde (gr)	5970.00		6198.00		6140.00		6010.00	
Pmh (gr)	1787.90		2015.90		1957.90		1827.90	
Vmh (cm <sup>3</sup> )	937.21		937.21		937.21		937.21	
Dh (gr/cm <sup>3</sup> )	1.91		2.15		2.09		1.95	
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b
Pt (gr)	27.00	27.10	27.30	26.40	27.60	27.50	27.30	26.90
Pmh + t (gr)	165.20	130.00	138.00	126.00	138.40	135.70	133.40	132.60
Pms + t (gr)	151.30	121.00	125.50	115.00	125.50	121.50	118.30	117.40
Pw (gr)	13.90	9.00	12.50	11.00	12.90	14.20	15.10	15.20
Pms (gr)	124.30	93.90	98.20	88.60	97.90	94.00	91.00	90.50
W (%)	11.18	9.58	12.73	12.42	13.18	15.11	16.59	16.80
W prom (%)	10.38		12.57		14.14		16.69	
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	1.73		1.91		1.83		1.67	

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido del ensayo Proctor Modificado (Muestra + 0.5% de fibras de caña para una longitud de 2 ½”) es:

$D_{smax} = 1.91 \text{ gr/cm}^3$
$W_{op} = 12.25 \%$

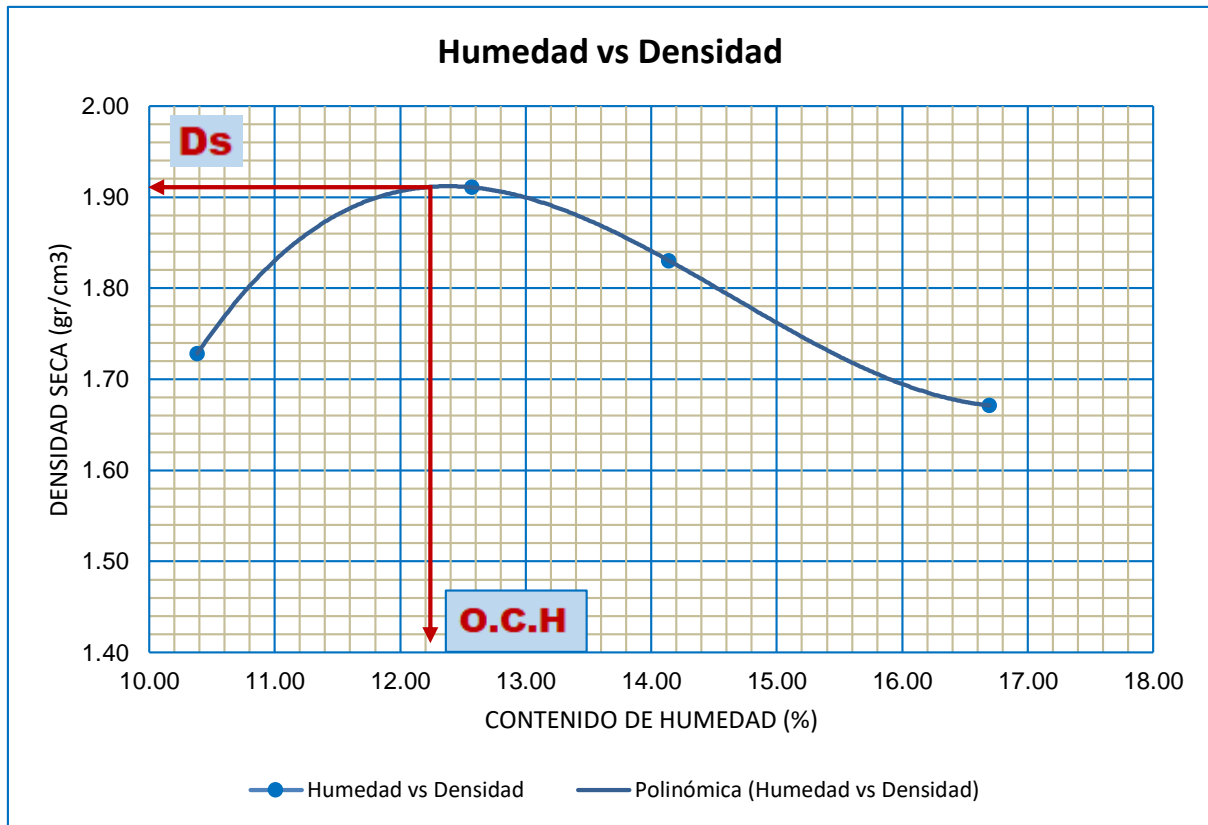


Gráfico 6. Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 2 ½”

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 19 Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 3''

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03		MOLDE N° 04	
Peso molde (gr)	4182.10		4182.10		4182.10		4182.10	
Pmh + molde (gr)	6012.00		6218.00		6142.30		6030.30	
Pmh (gr)	1829.90		2035.9		1960.2		1848.2	
Vmh (cm <sup>3</sup> )	937.21		937.21		937.21		937.21	
Dh (gr/cm <sup>3</sup> )	1.95		2.17		2.09		1.97	
Tara N°	a	b	a	b	a	b	a	b
Pt (gr)	27.6	27.4	27.1	27.6	27.2	27.2	27.6	27.4
Pmh + t (gr)	143.8	138.2	145.3	146.8	135.8	135.2	161.9	151.1
Pms + t (gr)	132.5	127.7	131.6	132.9	121.8	121.6	142.5	133.6
Pw (gr)	11.3	10.5	13.7	13.9	14	13.6	19.4	17.5
Pms (gr)	104.9	100.3	104.5	105.3	94.6	94.4	114.9	106.2
W (%)	10.77	10.47	13.11	13.20	14.80	14.41	16.88	16.48
W prom (%)	10.62		13.16		14.60		16.68	
Ds (gr/cm <sup>3</sup> )	1.77		1.92		1.83		1.69	

Fuente: Elaboración propia, 2018

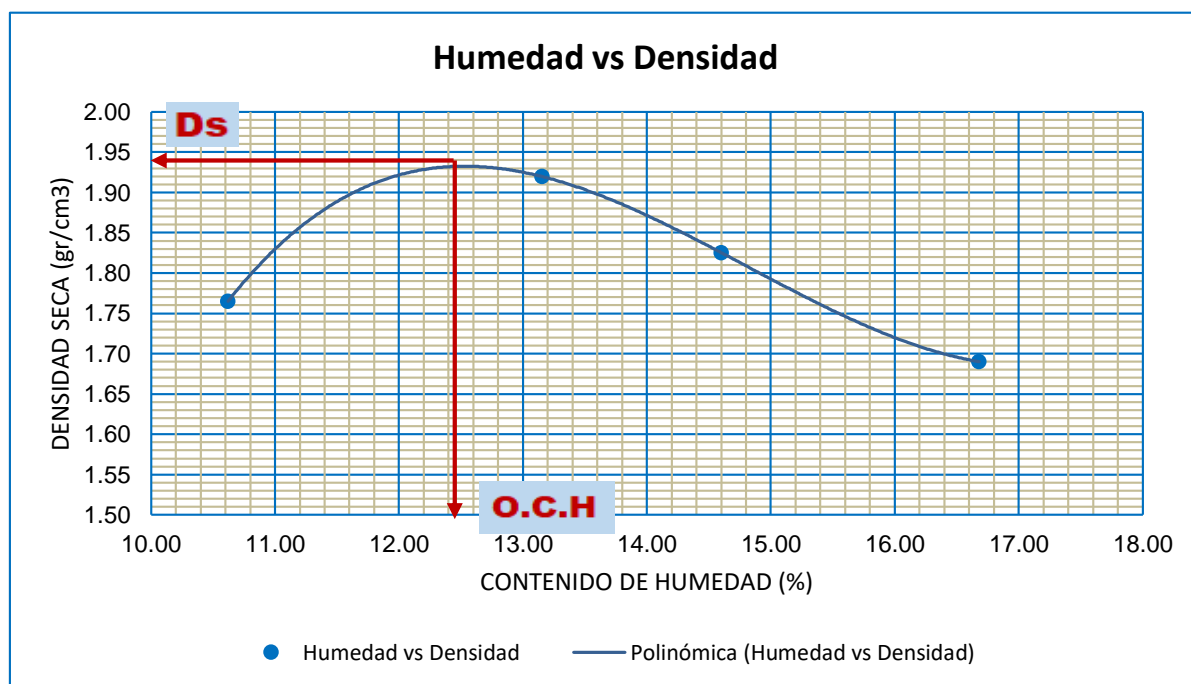


Gráfico 7. Proctor Modificado muestra + 0.5% de fibra de caña para una longitud de 3''

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido del ensayo Proctor Modificado (Muestra + 0.5% de fibras de caña para una longitud de 3") es:

$$\begin{aligned} D_{smax} &= 1.94 \text{ gr/cm}^3 \\ W_{op} &= 12.40 \% \end{aligned}$$

Tabla 20 Cuadro resumen – Proctor Modificado

TIPO	Densidad seca máxima (Kg/cm <sup>3</sup> )	Humedad Óptima (%)
Tierra + agua	2.16	10.50
Agua + tierra + 2" de longitud de fibra de caña	1.91	12.00
Agua + tierra + 2 ½" de longitud de fibra de caña	1.91	12.25
Agua + tierra + 3" de longitud de fibra de caña	1.94	12.40

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.2. Resultados de dosificación de bagazo de caña y agua para la elaboración de los especímenes

Para la elaboración de los bloques de adobe compactado, se calculó la dosificación de las fibras de caña de 0.5% del peso para 3 dimensiones de fibras (2", 2 ½" y 3"), obteniendo los siguientes resultados.

#### - Dosificación de la fibra de caña

Como la dosificación sería en el orden del 0.5% del peso del material (tierra), se procedió a pesar el bagazo de caña en esas proporciones para las tres dimensiones de fibras.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Para un bloque de adobe compactado se necesitaba 10 000 gr. De tierra (aprox).
- Para 22 bloques de adobe compactado se necesitaba 220 000 gr. (aprox).

Con este valor, se calcula el porcentaje de fibra de caña para las 3 longitudes.

- Para 2" de longitud, con 0.5%, en 22 bloques, se necesitarían 2 200 gr. (aprox).

- Para 2 ½" de longitud, con 0.5%, en 22 bloques, se necesitarían 2 200 gr. (aprox).
- Para 3" de longitud, con 0.5%, en 22 bloques, se necesitarían 2 200 gr. (aprox).

### **- Dosificación de agua**

Con el contenido de humedad óptimo de cada ensayo, se determinó el agua por agregar en cada mezcla con el porcentaje de 0.5% para las diferentes longitudes y sin la adición de fibra, obteniendo los resultados siguientes:

- Para 22 bloques (220 000gr) sin adición de la fibra de caña, con 10.50% de contenido óptimo de humedad, la cantidad de agua a agregar resulto 23 100 cm<sup>3</sup>.
- Para 22 bloques (220 000gr) con adición de 2" de longitud de fibra de caña, con 12% de contenido óptimo de humedad, la cantidad de agua a agregar resulto 26 400 cm<sup>3</sup>.
- Para 22 bloques (220 000gr) con adición de 2½" de longitud de fibra de caña, con 12.25% de contenido óptimo de humedad, la cantidad de agua a agregar resulto 26 950 cm<sup>3</sup>.
- Para 22 bloques (220 000gr) con adición de 3" de longitud de fibra de caña, con 12.40% de contenido óptimo de humedad, la cantidad de agua a agregar resulto 27 280 cm<sup>3</sup>.

### **3.3. Resultados de la evaluación de las propiedades de los especímenes**

Para evaluar los bloques de adobe compactado con fibras de caña sin adición de fibras, se trasladó al laboratorio de la Universidad Privada del norte para sus respectivos ensayos.



### 3.3.1. Esfuerzo o resistencia a compresión

Para este ensayo los resultados que se obtuvieron son los siguientes.

Tabla 21 *Resistencia a la compresión de los adobes compactados (muestra patrón)*

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Característica
M1	4196.00	5.01	18.51	Secado natural 28 días
M2	4985.00	4.87	22.30	Secado natural 28 días
M3	4764.00	11.87	22.39	Secado natural 28 días
M4	4192.00	4.97	19.26	Secado natural 28 días
M5	4234.00	5.98	20.15	Secado natural 28 días
M6	4354.00	6.01	20.01	Secado natural 28 días
M7	3516.00	6.77	16.81	Secado natural 28 días
M8	3816.00	8.79	17.84	Secado natural 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado para la muestra patrón es, esfuerzo a compresión promedio = 19.66 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 22 Resistencia a la compresión de los adobes compactados con 2" de longitud de fibra de caña

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Característica
M1	8656.00	11.09	39.17	Secado natural 28 días
M2	9160.00	13.25	41.03	Secado natural 28 días
M3	7132.00	11.88	31.85	Secado natural 28 días
M4	9755.00	12.18	42.82	Secado natural 28 días
M5	8533.00	12.79	38.04	Secado natural 28 días
M6	8480.00	11.65	37.39	Secado natural 28 días
M7	7305.00	13.99	33.23	Secado natural 28 días
M8	8271.00	12.04	37.17	Secado natural 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado para la muestra con 2" de longitud de fibra de caña es, esfuerzo a compresión promedio = 37.59 kg/cm<sup>2</sup>

*Tabla 23 Resistencia a la compresión de los adobes compactados con 2 ½" de longitud de fibra de caña*

<b>Muestra</b>	<b>Carga Máxima (kg)</b>	<b>Deformación (mm)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Característica</b>
M1	7286.00	11.81	31.96	Secado natural 28 días
M2	7967.00	11.82	34.35	Secado natural 28 días
M3	8592.00	11.34	36.90	Secado natural 28 días
M4	8312.00	11.51	37.53	Secado natural 28 días
M5	8827.00	10.01	37.68	Secado natural 28 días
M6	8446.00	12.11	36.04	Secado natural 28 días
M7	7487.00	12.84	34.64	Secado natural 28 días
M8	5154.00	10.80	22.27	Secado natural 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado para la muestra con 2½" de longitud de fibra de caña es, esfuerzo a compresión promedio = 33.92 kg/cm<sup>2</sup>

*Tabla 24 Resistencia a la compresión de los adobes compactados con 3" de longitud de fibra de caña*

<b>Muestra</b>	<b>Carga Máxima (kg)</b>	<b>Deformación (mm)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Característica</b>
M1	6285.00	9.97	28.31	Secado natural 28 días
M2	5512.00	11.28	24.76	Secado natural 28 días
M3	4449.00	8.71	20.10	Secado natural 28 días
M4	6128.00	9.90	27.80	Secado natural 28 días
M5	6291.00	13.18	28.50	Secado natural 28 días
M6	5283.00	9.48	23.72	Secado natural 28 días
M7	3855.00	9.21	17.05	Secado natural 28 días
M8	5892.00	9.60	25.82	Secado natural 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado para la muestra con 2½" de longitud de fibra de caña es, esfuerzo a compresión promedio = 24.51 kg/cm<sup>2</sup>

A continuación de muestra el resumen general de los resultados para el ensayo del esfuerzo de deformación o resistencia a compresión

Tabla 25 Resumen general – Resistencia a compresión de los especímenes

UNIDAD POR MUESTRA	ADOBES PATRÓN	ADOBES + 2" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA	ADOBES + 2.5" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA	ADOBES + 3" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA
1	18.51	39.17	31.96	28.31
2	22.30	41.03	34.35	24.76
3	22.39	31.85	36.90	20.10
4	19.26	42.82	37.53	27.80
5	20.15	38.04	37.68	28.50
6	20.01	37.39	36.04	23.72
7	16.81	33.23	34.64	17.05
8	17.84	37.17	22.27	25.82
PROMEDIO	19.66	37.59	33.92	24.51

Fuente: Elaboración propia, 2018

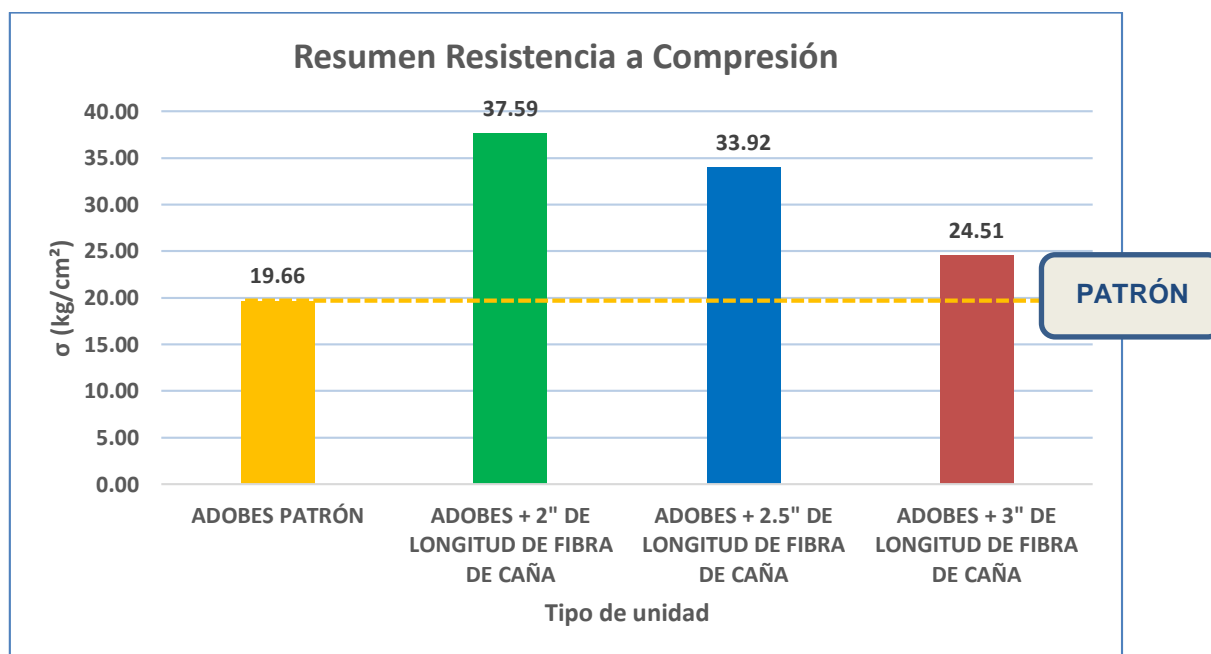


Gráfico 8. Resumen – Resistencia a compresión de los adobes compactados elaborados con la máquina CINVA-RAM

Fuente: Elaboración propia, 2018

### 3.3.2. Esfuerzo o resistencia a flexión

Los resultados obtenidos para este ensayo fueron los siguientes

Tabla 26 *Resistencia a flexión de los adobes compactados de tierra (Muestra patrón)*

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Característica
M1	378.00	0.34	8.09	Secado natural 28 días
M2	422.00	0.40	8.94	Secado natural 28 días
M3	419.00	0.39	9.56	Secado natural 28 días
M4	384.00	0.61	8.58	Secado natural 28 días
M5	411.00	0.40	9.18	Secado natural 28 días
M6	412.00	0.42	9.03	Secado natural 28 días
M7	407.00	0.35	8.84	Secado natural 28 días
M8	367.00	0.31	8.25	Secado natural 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido para este ensayo tiene un esfuerzo a flexión promedio = 8.81 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 27 *Resistencia a flexión de los adobes compactados con 2" de longitud de fibras de caña*

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Característica
M1	437.00	0.51	10.38	Secado natural 28 días
M2	425.00	0.29	10.61	Secado natural 28 días
M3	408.00	0.31	10.19	Secado natural 28 días
M4	417.00	0.26	9.99	Secado natural 28 días
M5	416.00	0.21	10.29	Secado natural 28 días
M6	413.00	0.27	10.06	Secado natural 28 días
M7	414.00	0.44	10.00	Secado natural 28 días
M8	410.00	0.31	9.78	Secado natural 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido para este ensayo tiene un esfuerzo a flexión promedio = 10.16 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 28 Resistencia a flexión de los adobes compactados con 2 ½ " de longitud de fibras de caña

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Característica
M1	573.00	0.55	12.65	Secado natural 28 días
M2	500.00	0.59	10.69	Secado natural 28 días
M3	567.00	0.60	12.62	Secado natural 28 días
M4	513.00	0.42	11.57	Secado natural 28 días
M5	538.00	0.44	11.66	Secado natural 28 días
M6	518.00	0.45	12.07	Secado natural 28 días
M7	532.00	0.61	11.77	Secado natural 28 días
M8	506.00	0.46	11.16	Secado natural 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido para este ensayo tiene un esfuerzo a flexión promedio = 11.77 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 29 Resistencia a flexión de los adobes compactados con 3 " de longitud de fibras de caña

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Característica
M1	617.00	0.70	13.78	Secado natural 28 días
M2	648.00	0.74	14.13	Secado natural 28 días
M3	593.00	0.61	12.88	Secado natural 28 días
M4	627.00	0.72	13.10	Secado natural 28 días
M5	686.00	0.75	14.97	Secado natural 28 días
M6	607.00	0.68	13.07	Secado natural 28 días
M7	698.00	0.83	14.99	Secado natural 28 días
M8	660.00	0.79	14.57	Secado natural 28 días

Fuente: Elaboración propia, 2018

El resultado obtenido para este ensayo tiene un esfuerzo a flexión promedio = 13.94 kg/cm<sup>2</sup>

A continuación de muestra el resumen general de los resultados para el ensayo del esfuerzo de deformación o resistencia a compresión.

Tabla 30 Resumen general – Resistencia a Flexión de los especímenes

UNIDAD POR MUESTRA	ADOBES PATRÓN	ADOBES + 2" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA	ADOBES + 2.5" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA	ADOBES + 3" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA
1	8.09	10.38	12.65	13.78
2	8.94	10.61	10.69	14.13
3	9.56	10.19	12.62	12.88
4	8.58	9.99	11.57	13.10
5	9.18	10.29	11.66	14.97
6	9.03	10.06	12.07	13.07
7	8.84	10.00	11.77	14.99
8	8.25	9.78	11.16	14.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>8.81 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>10.16 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>11.77 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>13.94 Kg/cm<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia, 2018

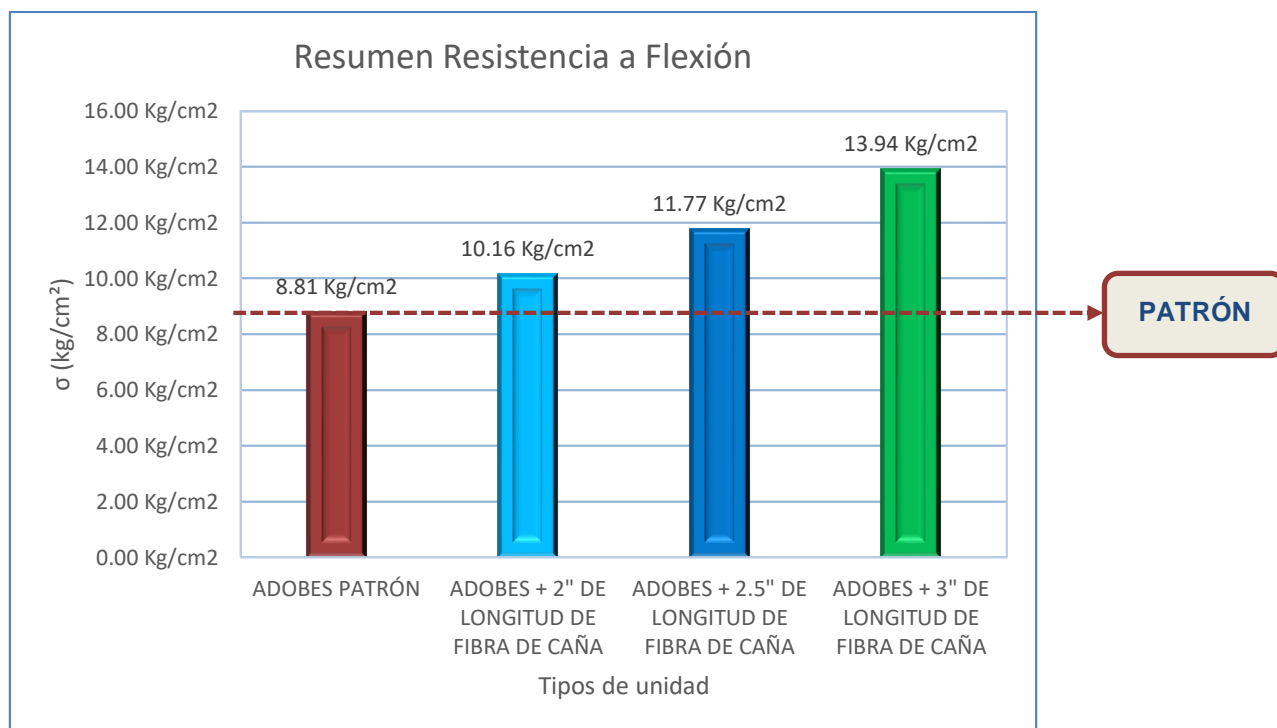


Gráfico 9 Resumen – Resistencia a flexión de los especímenes

Fuente: Elaboración propia, 2018



### 3.3.3. Absorción (%)

Los resultados obtenidos para este ensayo son los siguientes

Tabla 31 *absorción para los adobes patrón*

Muestra	Característica	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorción (%)
M1	Secado en horno	3.682	-	0.00%
M2	Secado en horno	4.084	-	0.00%
M3	Secado en horno	3.456	-	0.00%
M4	Secado en horno	3.766	-	0.00%
M5	Secado en horno	3.628	-	0.00%
M6	Secado en horno	3.724	-	0.00%

Fuente: Elaboración propia, 2018

Resultado absorción promedio = 0.00%

Tabla 32 *Absorción de los especímenes con 2" de longitud de fibra de caña*

Muestra	Característica	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorción (%)
M1	Secado en horno	3.99	4.86	21.84%
M2	Secado en horno	3.84	4.39	14.38%
M3	Secado en horno	3.88	4.43	14.23%
M4	Secado en horno	3.84	4.57	18.95%
M5	Secado en horno	3.72	4.62	24.06%
M6	Secado en horno	3.62	4.51	24.55%

Fuente: Elaboración propia, 2018

Resultado absorción promedio = 19.67%

Tabla 33 *Absorción de los especímenes con 2 ½ " de longitud de fibra de caña*

<b>Muestra</b>	<b>Característica</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Peso saturado (kg)</b>	<b>Absorción (%)</b>
M1	Secado en horno	3.88	4.66	20.20%
M2	Secado en horno	4.12	5.17	25.64%
M3	Secado en horno	3.59	4.19	16.78%
M4	Secado en horno	3.62	4.33	19.78%
M5	Secado en horno	4.23	5.11	20.95%
M6	Secado en horno	4.06	5.07	24.91%

Fuente: Elaboración propia, 2018

Resultado absorción promedio = 21.37%

Tabla 34 *Absorción de los especímenes con 3" de longitud de fibra de caña*

<b>Muestra</b>	<b>Característica</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Peso saturado (kg)</b>	<b>Absorción (%)</b>
M1	Secado en horno	3.875	4.76	22.84%
M2	Secado en horno	4.116	5.11	24.15%
M3	Secado en horno	3.694	4.84	31.02%
M4	Secado en horno	3.977	4.37	9.88%
M5	Secado en horno	4.058	4.93	21.49%
M6	Secado en horno	3.492	5.23	49.77%

Fuente: Elaboración propia, 2018

Resultado absorción promedio = 26.53%

A continuación, se muestra el resumen general de los resultados para el ensayo a absorción

Tabla 35 *Resumen general – Absorción de los especímenes (Muestra patrón)*

UNIDAD POR MUESTRA	ADOBES PATRÓN	ADOBES + 2" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA	ADOBES + 2.5" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA	ADOBES + 3" DE LONGITUD DE FIBRA DE CAÑA
1	0.00	21.84%	20.20%	22.84%
2	0.00	14.38%	25.64%	24.15%
3	0.00	14.23%	16.78%	31.02%
4	0.00	18.95%	19.78%	9.88%
5	0.00	24.06%	20.95%	21.49%
6	0.00	24.55%	24.91%	49.77%
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.00%</b>	<b>19.67%</b>	<b>21.37%</b>	<b>26.53%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018

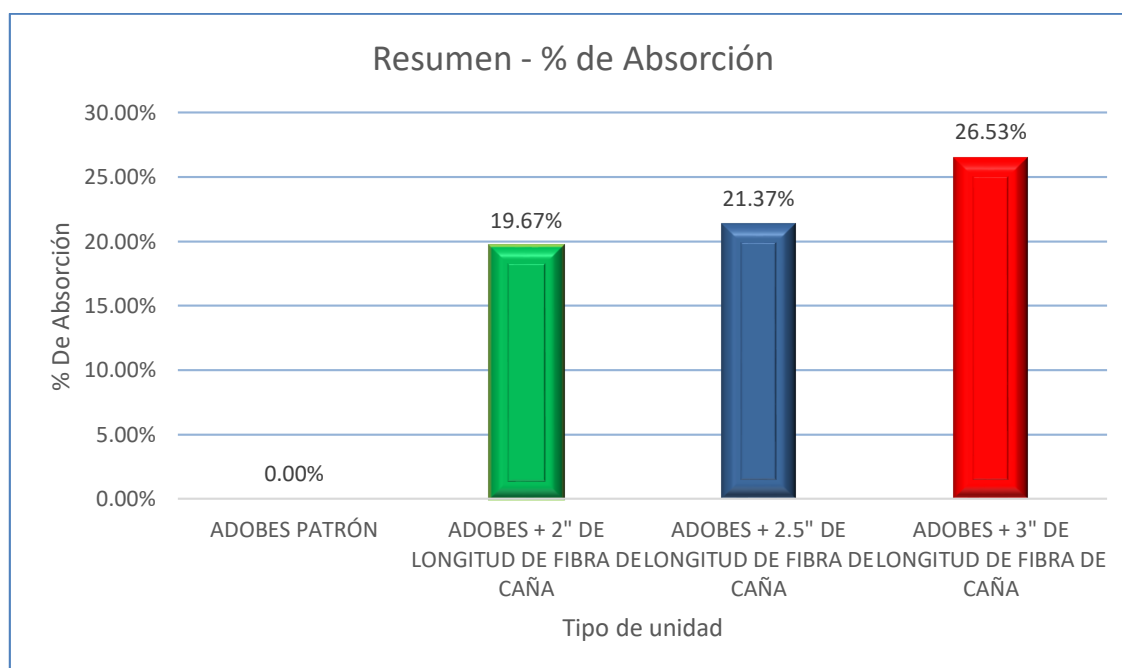


Gráfico 10. Resumen general – absorción de los especímenes

Fuente: Elaboración propia, 2018

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Se analizó todos los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio y se evaluó la resistencia a compresión, flexión y absorción de los bloques de tierra comprimida.

Dentro de este capítulo se presentan los resultados y análisis de los ensayos experimentales realizados

#### ✓ *Limitaciones*

Limitaciones que se presentó en la presente investigación es la clasificación por granulometría de la tierra y los ensayos de límites de Atterberg por que no cumplían con los parámetros establecidos por la norma E.080, porque muchas de las canteras de tierra para adobe en el departamento de Cajamarca no cumple con los parámetros que se requiere.

#### ✓ *Interpretación comparativa*

##### **Resistencia a compresión**

- El bloque de adobe compactado de tierra y con la adición de la fibra de caña para sus tres dimensiones, supera el esfuerzo a compresión mínimo aceptable por la norma E.080, que tiene como esfuerzo mínimo  $10.20 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Los esfuerzos de compresión sin y con adición de las fibras de caña en sus mayores resultados  $19.66 \text{ kg/cm}^2$  y  $37.59 \text{ kg/cm}^2$ , fueron mayores que los resultados obtenidos en la tesis de “Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana, 2001 de Clara Pozo”  $11.95 \text{ kg/cm}^2$  y  $14.47 \text{ kg/cm}^2$ , ya que el tiempo de secado es menor variando 7 días.
- Los esfuerzos de compresión con adición de 2” de longitud de fibra de caña (91.20%) fue mayor que el resultado obtenido por Montes Bernabé (2009) en su tesis “Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia haw en la resistencia a compresión del adobe compactado”, se incrementó la resistencia a la compresión en 24.12 %.

- Benites Zapata (2017) en su tesis profesional “Adobe estabilizado con extracto de cabuya” Los resultados demuestran que el extracto de Cabuya necesita un tiempo mínimo de maceración de 5 días y un óptimo de 10 para activar sus propiedades estabilizantes y lograr mejorar significativamente la resistencia al agua del adobe. La resistencia a la compresión mejora en un 9.6% siendo menor que los resultados obtenidos en la presente investigación (91.20%).

### **Resistencia a flexión**

- La resistencia a flexión del adobe compactado con 2”, 2 ½” y 3” de longitud de fibra de caña aumenta en 15.38 %, 33.66 %, 58.24 % con respecto a la resistencia del adobe compactado sin la adición de fibra de caña, estos valores obtenidos fueron mayores que los resultados obtenidos por Montes Bernabé (2009) en su tesis “Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia haw en la resistencia a flexión del adobe compactado” En la resistencia a la flexión hubo un incremento de 7.86 % con respecto al adobe compactado sin fibra con un valor de 0.60 MPa al incorporarle fibra con una concentración de 0.75% y longitud de 25 mm.
- Benites Zapata (2017) en su tesis profesional “Adobe estabilizado con extracto de cabuya” Los resultados demuestran que el extracto de Cabuya necesita un tiempo mínimo de maceración de 5 días y un óptimo de 10 para activar sus propiedades estabilizantes y lograr mejorar significativamente la resistencia al agua del adobe. La resistencia a la flexión mejoran en un 133.7%, siendo mayor que los resultados obtenidos en la presente investigación (58.24%).

### **Absorción (%)**

- En la norma E.080 no se indica el mínimo porcentaje de absorción para que sea aceptada la unidad en cualquiera de sus dosificaciones la absorción va en forma creciente, demostrando que esta microfibras no mejora sus propiedades físicas de los bloques.

## 4.2 Conclusiones

- La hipótesis de la investigación fue demostrada. La adición de la fibra de caña, en longitudes de 2", 2 ½" y 3" en el adobe compactado, mejora sus propiedades mecánicas, en resistencia a compresión hasta en 91.20%, 72.55% y 24.67% con respecto al valor encontrado para la muestra patrón (sin adición de fibra de caña), mejorando conforme a la adición de fibra de caña, en resistencia a flexión hasta en un 15.38%, 33.66% y 58.24% con respecto a la muestra patrón mejorando conforme a la adición de la fibra de caña, sin embargo el grado de absorción aumenta, haciéndolo un material más poroso e inestable al agua. Por lo que la hipótesis si cumple.
- La resistencia a compresión del bloque de adobe compactado con adición de fibra de caña, en longitudes de 2", 2 ½" y 3", presentó valores de 37.52 kg/cm<sup>2</sup>, 33.92 kg/cm<sup>2</sup> y 24.51 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente siendo mayores al valor de un adobe compactado sin la adición de fibras de caña 19.66 kg/cm<sup>2</sup> y superando el esfuerzo mínimo de la norma E.080 (10.20 kg/cm<sup>2</sup>).
- La resistencia a flexión del bloque de adobe compactado con adición de fibra de caña, en longitudes de 2", 2 ½" y 3", presentó valores de 7.47 kg/cm<sup>2</sup>, 8.66 kg/cm<sup>2</sup> y 10.25 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo mayores al valor de un adobe compactado sin adición 6.48 kg/cm<sup>2</sup> superando el esfuerzo mínimo de la norma E.080 (0.08 MPa = 0.81 kg/cm<sup>2</sup>).
- El valor de la absorción de los bloques de adobe compactado con la adición de la fibra de caña, en sus longitudes de 2", 2 ½" y 3", presentó valores de 19.67%, 21.37% y 26.53%. respectivamente, manteniéndose en una escala creciente de acuerdo a las longitudes incrementadas, la muestra patrón no resiste a la prueba de absorción.

## REFERENCIAS



1. ASTM D1557-78. (2005). *ASTM*. EE.UU.
2. CIDEM. (Abril de 2009). *Construcciones de adobe resistentes a terremotos*. Obtenido de <http://ecosur.org/index.php/ediciones-antiores/104-edicion-34-abril-2009/449-peru-construcciones-de-adobe-resistentes-a-terremotos>
3. Diccionario de Arquitectura y Construcción. (2016). *Diccionario de Arquitectura y Construcción*. (01 de Febrero de 2016). *Parro.com*. Obtenido de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-resistencia+a+la+flexi%F3n>.
4. Fondo mi Vivienda . (2009). *ESTUDIO DE MERCADO DE LA VIVIENDA SOCIAL EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA*. Lima – Perú: Fondo MIVIVIENDA S. A.
5. Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *LIBRO "ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL"*. Lima: Fondo Editorial 2005.
6. Gama-Castro, J., Cruz y Cruz, T., Pi-Puig, T., & Alcalá, R. (2012). *Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica*. Obtenido de [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6402/\(3\)Gama.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6402/(3)Gama.pdf)
7. INEI. (2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Lima - Perú.
8. J.M.L Reis. (2006). *Fracture and flexural characterization of natural fiber-reinforced polymer concrete*. *Construction and Building Materials* 20 ; 673-678.
9. Jose & Bernilla. (2012). *Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica*.
10. Juárez, B. E. (2015). *Fundamentos de la Mecánica De Suelos - Tomo 1*. México: Limusa.
11. Norma E.080. (s.f.). *ADOBE*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima.
12. NTP 339.127. (1998). *NORMA TÉCNICA PERUANA*. Comisión de Reglamentos técnicos y Comerciales - INDECOPI. Lima - Perú.
13. NTP 339.128. (1999). *NORMA TÉCNICA PERUANA*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. Lima - Perú.
14. NTP 339.129. (1999). *NORMA TÉCNICA PERUANA*. Comisión de Reglamentos técnicos y Comerciales - INDECOPI. Lima - Perú.

15. Rios . (2010). *TESIS "Efecto de la adición de látex y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado"*. Mexico.
16. San Bartolomé, Á. (2009). *Blog de Ángel San Bartolomé. Recuperado el 25 de Agosto de 2014, de ALBAÑILERÍA DE TIERRA CRUDA - Adobe y Tapial*:. Lima.
17. Sera. (1990). *E.E., ROBLES.Natural Fibers as Reinforcement. Journal of Ferrocement, Bangkok.Vol. 20. No.2. P.109-124.*
18. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2012). *Construcción con adobe mejorado y construcción mixta de adobe y quincha (Perú)*.  
Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/dubai/12/bp4493.html>



## ANEXOS

### ANEXO N° 01: FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE CAÑA

 	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>ADITIVO: Fibra de caña</b>	
Nombre Científico	Saccharum officinarum L.
<b>CLASIFICACIÓN</b>	
<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
Clase	Liliopsida
Familia	Poaceae
Tribu	Andropogoneae
Genero	Saccharum
Especie	S.officinarum L.
Categoría	Agrícola
Generalidades	Residuo fibroso orgánico resultante del proceso del prensado de la caña de azúcar. Rico en materia celulosa y con un gran valor nutricional para nutrición animal o vegetal (AGRI-NOVA Science).
Requisitos generales	Debe estar libre de impurezas, de plagas. Debe estar exento de putrefacción (AGRI-NOVA Science, 2018).
Composición	- Holocelulosa (75%): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Celulosa (59%)  <ul style="list-style-type: none"> <li>Celulosa Alfa (37%)</li> <li>Celulosa Beta y Ganma (13%)</li> </ul> </li> <li>• Hemicelulosa (25%)</li> </ul> - Lignina (20%) - Agua 73 – 76% - Sacarosa 8 – 15% - Fibra 11 – 16%
Continuo/Disperso	Disperso
Orientación	Aleatoria
Matriz	Tierra
Longitud (mm)	26
Diámetro promedio (mm)	0.24
Gravedad específica (g/cm <sup>3</sup> )	1.25
Absorción de humedad (%)	78.5
Contenido de humedad (%)	12.1
Resistencia ultima MPa	196.40

Fuente: Elaboración propia, 2018

## ANEXO N° 02: FIGURAS



*Figura 25.* Material extraído de la cantera del caserío Shaullo Chico distrito Baños del Inca

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 26.* Fibra de Caña extraído del caserío de San Martin Distrito de Malcas provincia de Cajabamba

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 27.* Preparación de la fibra de caña

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 28.* Preparación de la fibra de caña de 2", 2 ½" y 3" de longitud

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 29.* Peso de las taras con la muestra para obtener el contenido de humedad del suelo

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 30.* Secado del material durante 24 horas para obtener el contenido de humedad del suelo

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 31. Realizando el lavado del material seco con la malla N°200

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 32. Realizando la granulometría del material por lavado después de ser secado al horno

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 33. Realizando límites de Atterberg o límites de consistencia

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 34. Pesando la fibra de caña para realizar Proctor Modificado

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 35. Mesclando la muestra para realizar Proctor Modificado*

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 36. Realizando Proctor Modificado con mi asesor de tesis Iván Mejía*

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 37. Realizando la compactación  
Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 38. Peso del cilindro más la muestra después de ser compactado durante 25 golpes como indica la norma.  
Fuente: Elaboración propia, 2018





Figura 39. Secado del material para la fabricación de los bloques compactados

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 40. Pesado de la muestra para la elaboración de los bloques compactados

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 41.* Pesado de la fibra de caña para las longitudes de 2", 2 ½" y 3" con 0.5% del peso

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 42.* Preparación de la mezcla para la elaboración de los bloques compactados

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 43. Introduciendo el material para la elaboración del bloque compactado a la máquina CINVA-RAM

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 44. Prensado de la tierra con la máquina CINVA-RAM, con la supervisión de mi asesor Iván Mejía

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 45.* Sacado del bloque para tracción después de ser compactado con la máquina CINVA-RAM con la supervisión de mi asesor de tesis

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 46.* Realizando los cubitos de bloques compactados para el ensayo de compresión

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 47. Secado de los bloques Compactados*

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 48. Secado de los bloques compactados con la máquina CINVA-RAM*

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 49. Traslado de los especímenes a la universidad privada del norte

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 50. Supervisado por mi asesor de tesis para el acopio de los especímenes

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 51. Acopio de los especímenes para tomar sus medidas exactas para luego ser sometidas al ensayo

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 52.* Ensayo a compresión de los especímenes para 2", 2 ½" y 3" de longitud

Fuente: Elaboración propia, 2018





Figura 53. Rotura de los especímenes para las 3 dimensiones en presencia de mi asesor de tesis

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 54.* Rotura de los especímenes a flexión para los adobes patrón y con adición de fibras de caña en presencia de mi asesor de tesis

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 55. Tomando la medida de deformación a cada milímetro de los especímenes a flexión con el nivel de ingeniero*

Fuente: Elaboración propia, 2018



Figura 56. Pesando los especímenes para ser sometidos a absorción

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 57.* Sumergiendo los especímenes durante 24 horas

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 58.* Después de ser sumergido 24 horas se procedió a retirar para su pesado de los especímenes en presencia de mi asesor de tesis

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 59.* Sacando los especímenes del agua

Fuente: Elaboración propia, 2018



*Figura 60.* Pesando los especímenes después de ser sumergidos durante 24 horas

Fuente: Elaboración propia, 2018

### **ANEXO N° 03: FORMATOS LABORATORIO**