

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Determinación de las propiedades físicas y mecánicas
de bloques de tierra comprimida con adición de
mucílago de nopal en la ciudad de Huancayo, año 2019**

Cesar Vladimir Vilcas Painado

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por la dedicación y educación en valores y conocimientos, sin ellos nada sería posible en mi vida personal y profesional. De manera especial a mi hermano por su apoyo incondicional en esta investigación.

A mis profesores, con énfasis especial al Ing. Roberto Vadillo Salazar, Ing. Nancy Margot Montañez Huamán y al Ing. Marko Antonio Lengua Fernandez, que con sus sabias enseñanzas orientaron mi camino profesional y me formaron como hombre de bien, a todos y cada uno de ellos les agradezco por la educación que me brindaron.

A mí estimado amigo, el Ing. Meza López Jesús Manuel, por sembrar la semilla del cuestionamiento acerca de los bloques de tierra, él ha contribuido a que logre mis metas académicas y personales, le estaré de por vida agradecido.

DEDICATORIA

A mis padres, Manuel y Leonor, por su amor, enseñanzas y apoyo incondicional.

A mí querido hermano Jesús, que sigue mis pasos y sepa que nunca dejaré de progresar porque espero lo mismo de él.

A todas aquellas personas que fueron parte de esta aventura en el conocimiento, a mis maestros, compañeros y amigos.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCION	xvi
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Justificación e importancia	5
1.3.1. Justificación técnica	5
1.3.2. Justificación social	5
1.3.3. Justificación ambiental	6
1.3.4. Justificación económica	7
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	7

1.4.1. Hipótesis	7
1.4.2. Variables	8
CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.1.1. Antecedentes nacionales	9
2.1.2. Antecedentes internacionales	12
2.2. Bases teóricas.....	18
2.2.1. Unidades de albañilería	18
2.2.2. Aditivos	23
2.2.3. Propiedades físicas y mecánicas la unidad de albañilería.....	25
2.2.4. Normativas.....	26
2.3. Definición De Términos Básicos.....	27
CAPITULO III.....	29
METODOLOGÍA.....	29
3.1. Método, enfoque y alcance de la investigación.....	29
3.1.1. Método de investigación	29
3.1.2. Enfoque de la investigación	29
3.1.3. Alcance de la investigación.....	29
3.2. Diseño de la investigación.....	30
3.3. Población y muestra.....	30
3.3.1. Población	30
3.3.2. Muestra.....	30
3.4. Procedimiento metodológico	31
3.4.1. Obtención de materiales	33

3.4.2. Mezcla de los materiales.....	36
3.4.3. Compactación de BTC.....	37
3.4.4. Curado y almacenamiento del BTC.....	37
3.4.5. Proceso constructivo de las pilas de BTC.....	38
3.4.6. Ensayos de ingeniería.....	41
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
CAPITULO IV.....	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	55
4.1.1. Resultado del Análisis granulométrico.....	55
4.1.2. Resultados de los límites de Atterberg.....	57
4.1.3. Resultados de Proctor Estándar.....	61
4.1.4. Resultados de Viscosidad.....	63
4.1.5. Resultados de Variación dimensional.....	64
4.1.6. Resultados de Alabeo.....	68
4.1.7. Resultados de Absorción.....	72
4.1.8. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de unidades (f'b).....	73
4.1.9. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en pilas (f'm).....	77
4.3. Prueba de hipótesis.....	81
4.3.1. Variación Dimensional.....	81
4.3.2. Alabeo.....	82
4.3.3. Absorción.....	83
4.3.4. Resistencia a la compresión de unidades (f'b).....	85
4.3.5. Resistencia a la compresión axial de pilas (f'm).....	87
4.4. Discusión de resultados.....	90

CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS.....	101

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CANTIDAD DE MUESTRAS POR CATEGORÍA	30
TABLA 2. DOSIFICACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE 10 BTC	36
TABLA 3. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	56
TABLA 4. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	57
TABLA 5. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO	58
TABLA 6. RESULTADO DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD	58
TABLA 7. GRANULOMETRÍA DE SUELO.....	59
TABLA 8. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR.....	62
TABLA 9. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE VISCOSIDAD	63
TABLA 10. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BTC SIN ADITIVO	64
TABLA 11. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	65
TABLA 12. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	66
TABLA 13. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	67
TABLA 14. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE ALABEO DE BTC SIN ADITIVO	68
TABLA 15. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE ALABEO DE BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	69
TABLA 16. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE ALABEO DE BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	70

TABLA 17. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE ALABEO DE BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	71
TABLA 18. DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN	72
TABLA 19. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'B) DE BTC SIN ADITIVO.....	73
TABLA 20. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'B) DE BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	74
TABLA 21. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'B) DE BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	75
TABLA 22. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'B) DE BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	76
TABLA 23. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS (F'M) DE BTC SIN ADITIVO	77
TABLA 24. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS (F'M) DE BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	78
TABLA 25. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS (F'M) DE BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	79
TABLA 26. DATOS Y RESULTADO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS (F'M) DE BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL	80
TABLA 27. RESULTADOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	81
TABLA 28. RESULTADOS DEL ALABEO DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	82
TABLA 29. PRUEBA DE NORMALIDAD A LOS RESULTADOS DE ABSORCIÓN DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL	83
TABLA 30. PRUEBA ANOVA UNIFACTORIAL A LOS RESULTADOS DE ABSORCIÓN DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	84

TABLA 31. PRUEBA DE NORMALIDAD A LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL	85
TABLA 32. PRUEBA ANOVA UNIFACTORIAL A LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL	86
TABLA 33. PRUEBA DE NORMALIDAD A LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	87
TABLA 34. PRUEBA ANOVA UNIFACTORIAL A LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	88

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL NOPAL EN EL MUNDO.....	4
FIGURA 2. DÉFICIT HABITACIONAL EN EL PERÚ - 2016.....	6
FIGURA 3. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....	19
FIGURA 4. SECADO DE ADOBE.....	20
FIGURA 5. ENCOFRADO PARA TAPIAL.....	21
FIGURA 6. PARTES DEL BAHAREQUE.....	22
FIGURA 7. CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	23
FIGURA 8. BTC: FABRICACIÓN Y ENSAYOS.....	31
FIGURA 9. ENSAYOS A LOS MATERIALES QUE COMPONEN EL BTC.....	32
FIGURA 10. VÍA QUE UNE HUAMANCACA CHICO – CHONGOS BAJOS (IZQUIERDA); IMAGEN SATELITAL DE LA ZONA DE CANTERA (IZQUIERDA).....	33
FIGURA 11. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA: TAMIZADO MECÁNICO.....	42
FIGURA 12. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO: ENRASADO (IZQUIERDA) Y RANURADO (DERECHA).....	44
FIGURA 13. ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO: FORMACIÓN DE CILINDROS (DERECHA) Y ENCAPSULADO (IZQUIERDA).....	45
FIGURA 14. ENSAYO DE PROCTOR ESTÁNDAR: EQUIPOS Y MATERIALES.....	47
FIGURA 15. ENSAYO DE VISCOSIDAD A MUCÍLAGO DE NOPAL: EQUIPOS Y MATERIALES.....	49
FIGURA 16. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BTC.....	50
FIGURA 17. ENSAYO DE ALABEO: MEDICIÓN DE CONVEXIDAD (IZQUIERDA) Y MEDICIÓN DE CONCAVIDAD (DERECHA).....	51

FIGURA 18. ENSAYO DE ABSORCIÓN: PESAJE DE ESPÉCIMEN SATURADO.....	52
FIGURA 19. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: UNIDAD (IZQUIERDA); PILA (DERECHA)	54
FIGURA 20. TABLA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS.....	60
FIGURA 21. TABLA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS.....	61
FIGURA 22. HISTOGRAMA DE LOS RESULTADOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LOS BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL	81
FIGURA 23. HISTOGRAMA DE LOS RESULTADOS DEL ALABEO DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL	82
FIGURA 24. HISTOGRAMA DE LOS RESULTADOS PROMEDIO DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL	85
FIGURA 25. HISTOGRAMA DE LOS RESULTADOS PROMEDIO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	87
FIGURA 26. HISTOGRAMA DE LOS RESULTADOS PROMEDIO DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXILA DE PILAS DE BTC CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....	89

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. EDIFICACIÓN AUTOCONSTRUIDA DE 2 NIVELES CON LADRILLOS ARTESANALES.....	2
FOTOGRAFÍA 2. LADRILLERA ARTESANAL EN EL DISTRITO DE SAN AGUSTÍN CAJAS - HUANCAYO.....	2
FOTOGRAFÍA 3. LADRILLERA ARTESANAL EN EL DISTRITO DE HUALHUAS - HUANCAYO.....	3
FOTOGRAFÍA 4. PLANTACIÓN COMERCIAL DE NOPAL OPUNTIA FICUS ÍNDICA..	24
FOTOGRAFÍA 5. OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL.....	25
FOTOGRAFÍA 6. CANTERA DEL SUELO EMPLEADO.....	33
FOTOGRAFÍA 7. ZARANDEO DE SUELO.....	34
FOTOGRAFÍA 8. LOCALIZACIÓN DEL NOPAL.....	35
FOTOGRAFÍA 9. EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL.....	35
FOTOGRAFÍA 10. PREPARACIÓN DEL SUELO (IZQUIERDA); MEZCLA EN MÁQUINA (DERECHA).....	36
FOTOGRAFÍA 11. PRENSADO DE BTC MEDIANTE MÁQUINA MECÁNICA.....	37
FOTOGRAFÍA 12. CURADO DE BTC.....	38
FOTOGRAFÍA 13. SUPERFICIE LIMPIA Y HORIZONTAL.....	38
FOTOGRAFÍA 14. UNIDADES SIN IRREGULARIDADES.....	39
FOTOGRAFÍA 15. ASENTADO DE BTC.....	39
FOTOGRAFÍA 16. NIVELACIÓN DE LA PILA.....	40
FOTOGRAFÍA 17. PILA DE BTC.....	40

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) con adición de mucílago de nopal en diferentes proporciones como reemplazo del agua durante la fabricación.

Los materiales empleados para la elaboración de los especímenes fueron suelo tipo A-2-4 del distrito de Chongos Bajo, cemento tipo I, mucílago de nopal y agua, los que fueron mezclados y comprimidos mediante la máquina mecánica de compresión CETA-RAM. Los cuatro tipos de bloques fabricados: BTC sin aditivo, BTC con 20% de mucílago de nopal, BTC con 40% de mucílago de nopal y BTC con 60% de mucílago de nopal, fueron sometidos a los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia a la compresión de unidades y resistencia a la compresión axial de pilas especificados en las normas nacionales E070, E080, NTP 399.613 y NTP 399.604.

Los resultados muestran que la variación dimensional de los cuatro tipos de bloques está en el intervalo de 0.06% - 1.19%, el alabeo es por concavidad en promedio 0.4 y 0.5 mm; los BTC con 0%, 20%, 40% y 60% de mucílago de nopal tuvieron 13.24%, 18.25%, 14.16% y 10.54% de absorción; 22.63 kg/cm², 13.03 kg/cm², 17.31 kg/cm² y 29.38 kg/cm² de resistencia a la compresión (f'_b) y 6.49 kg/cm², 3.07 kg/cm², 4.72 kg/cm² y 18.50 kg/cm² de resistencia a la compresión de pilas (f'_m), respectivamente.

Se concluye que la adición de mucílago de nopal en 60% mejora las propiedades físicas y mecánicas de los BTC, lo que según la Norma E070 lo cataloga como bloque para muros no portantes debido a su baja resistencia a la compresión.

Palabras clave: Bloque de tierra comprimida, propiedades físicas y mecánicas, mucílago de nopal.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the physical and mechanical properties of Compressed Earth Blocks (BTC) with the addition of nopal mucilage in different proportions as a replacement for water during manufacturing.

The materials used for the preparation of the specimens were type A-2-4 soil from the Chongos Bajo district, type I cement, nopal mucilage and water, which were mixed and compressed by means of the CETA-RAM mechanical compression machine. The four types of blocks manufactured: BTC with no additive, BTC with 20% nopal mucilage, BTC with 40% nopal mucilage and BTC with 60% nopal mucilage, were subjected to dimensional variation, warping, absorption tests, compressive strength of units and axial compressive strength of batteries specified in national standards E070, E080, NTP 399.613 and NTP 399.604.

The results show that the dimensional variation of the four types of blocks is in the range of 0.06% - 1.19%, the warpage is by concavity on average 0.4 and 0.5 mm; the BTC with 0%, 20%, 40% and 60% of nopal mucilage had 13.24%, 18.25%, 14.16% and 10.54% absorption; 22.63 kg/cm², 13.03 kg/cm², 17.31 kg/cm² and 29.38 kg/cm² of compressive strength (f'_b) and 6.49 kg/cm², 3.07 kg/cm², 4.72 kg/cm² and 18.50 kg/cm² of pile compression strength (f'_m), respectively.

It is concluded that the addition of nopal mucilage by 60% improves the physical and mechanical properties of BTC, which according to Standard E070 classifies it as a block for non-bearing walls due to its low resistance to compression.

Keywords: compressed earth blocks, physical and mechanical properties, nopal mucilage

INTRODUCCION

El presente trabajo estudia las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida mediante la adición de mucílago de nopal. Estas unidades son denominadas generalmente bloques de tierra comprimida, sin embargo según la Norma Técnica E 0.70 – Albañilería es clasificada como ladrillo macizo por sus dimensiones 12.5x25x7.5cm y alveolos de 3cm de radio. Los BTC buscan ser empleados como alternativa a los ladrillos de arcilla garantizando calidad y buen comportamiento de las construcciones que la empleen.

El estabilizante utilizado para la fabricación de BTC es el cemento y es el material más costoso entre los otros que la componen, por lo que es importante buscar y emplear materiales de bajo costo que garanticen la misma calidad o mejor con un mínimo empleo de dicho estabilizante y es el nopal un aditivo orgánico atractivo para este fin.

El mucílago de plantas cactáceas en solución acuosa ha sido empleado desde la antigüedad para la elaboración de adobes como para la impermeabilización de muros de tierra, se espera que la incorporación de este aditivo en los BTC mejore sus propiedades físicas y mecánicas.

El empleo de bloques de tierra comprimida es de suma importancia para la conservación del medio ambiente puesto que la técnica de elaboración que emplea, compresión mecánica, evita la tala y quema de árboles como sucede en la elaboración de ladrillos de arcilla cocida.

La presente investigación se divide en seis capítulos ordenados de la siguiente manera: En el CAPÍTULO I, se explica el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación, hipótesis y descripción de variables. En el CAPÍTULO II, antecedentes de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos. En el CAPITULO III, método, enfoque y alcance de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, procedimiento metodológico y técnicas e instrumentos e recolección de datos. En el CAPÍTULO IV, resultados y análisis de la información, prueba de hipótesis, discusión de resultados,

Finalmente las Conclusiones, Recomendaciones, Referencias bibliográficas y los Anexos que incluyen fichas técnicas de ensayos y fotografías.

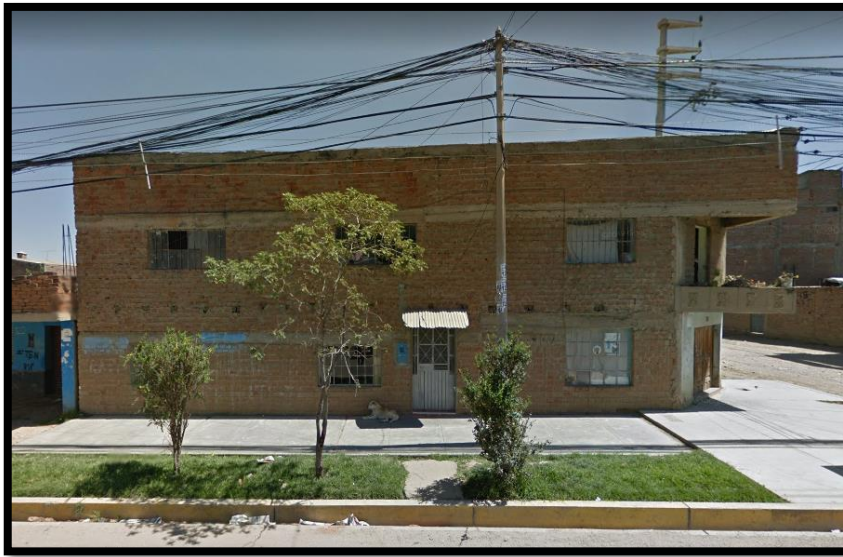
CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

En nuestro país “el 80% de las viviendas [...] es producto de la autoconstrucción, es decir, no tienen supervisión técnica en todo su proceso” (1) y emplean ladrillos artesanales fabricados sin la calidad establecida en las normativas peruanas tales como las que especifican su clasificación, selección de muestras, ensayos en laboratorio y aunado a ello tampoco tienen en cuenta las consideraciones mínimas para el diseño, análisis e inspección de las construcciones. Al no considerar los controles mínimos de calidad, las construcciones que se realicen tendrán un comportamiento impredecible frente a cargas estáticas y dinámicas, y como consecuencia lo más probable es que sufran daños graves.



Fotografía 1. Edificación autoconstruida de 2 niveles con ladrillos artesanales

La informalidad característica de las ladrilleras donde se producen los ladrillos artesanales es fuente de problemas sociales tales como trabajo infantil, enfermedades respiratorias, accidentes laborales y demás, en la misma medida también generan problemas ambientales tales como la deforestación, contaminación del aire, alteración paisajística, afectación a la fauna local, entre otras. “La actividad ladrillera artesanal se desenvuelve en un escenario especial caracterizado por la alta generación de contaminantes, informalidad, economía precaria, inseguridad en el trabajo y reducida capacidad de gestión” (2).



Fotografía 2. Ladrillera artesanal en el distrito de San Agustín Cajas - Huancayo



Fotografía 3. Ladrillera artesanal en el distrito de Hualhuas - Huancayo

La utilización de la tierra para la construcción de viviendas no tienen una data histórica exacta sin embargo los estudios y vestigios que aún perduran muestran que es tan antigua como la humanidad. Por las características propias de la tierra, la humanidad ha ensayado empíricamente la utilización de aditivos que puedan mejorar sus construcciones, entre todas ellas podemos destacar la utilización de sabias vegetales.

El BTC desde 1980 ha ganado gran popularidad a partir de su éxito en la construcción como unidad de albañilería (3) entre lo que también podemos destacar está su bajo costo y fácil producción. También debemos mencionar que ciertas propiedades de los BTC tienen que ser mejoradas tales como su resistencia mecánica, impermeabilidad, durabilidad, y demás, para ello el empleo del mucílago de nopal como aditivo natural podría ser beneficioso.

Un aditivo que puede mejorar las propiedades mencionadas es el mucílago de nopal. Aunque se mantienen los conocimientos empíricos de nuestros antepasados respecto al uso de este material en la construcción, la ciencia con los conocimientos que tiene a disposición debe ahondar en su investigación científica.



Figura 1. Distribución actual del nopal en el mundo

Fuente: Utilización Agroindustrial Del Nopal - FAO

La presente investigación plantea la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del BTC con adición de mucílago de nopal.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿En qué medida influye el mucílago de nopal en las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida en Huancayo?

1.1.2.2. Problemas específicos

- A. ¿En qué medida influye el mucílago de nopal en la variación dimensional y alabeo de los bloques de tierra comprimida en Huancayo?
- B. ¿En qué medida influye el mucílago de nopal en la absorción de los bloques de tierra comprimida en Huancayo?
- C. ¿En qué medida influye el mucílago de nopal en la resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida en Huancayo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar en qué medida influye el mucílago de nopal en las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida en Huancayo.

1.2.2. Objetivos específicos

- A. Determinar en qué medida influye el mucílago de nopal en la variación dimensional y alabeo de los bloques de tierra comprimida en Huancayo.
- B. Determinar en qué medida influye el mucílago de nopal en la absorción de los bloques de tierra comprimida en Huancayo.
- C. Determinar en qué medida influye el mucílago de nopal en la resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida en Huancayo.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación técnica

El país no cuenta con una normativa exclusiva para BTC razón por la cual los ensayos como variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia a la compresión de unidades y pilas, serán realizados basados en la NTP 399.604:2002 y NTP 399.605.2003 y sus resultados deberán cumplir con los requisitos y exigencias mínimas de Norma E.070 de albañilería.

Por lo mencionado queda justificada esta investigación para que a futuro las autoridades pertinentes incorporen, a su ya extensa normativa de construcción, la evaluación técnica de los BTC.

1.3.2. Justificación social

Los resultados del déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, términos que hacen referencia a hogares que cuentan con viviendas precarias o no cuentan con ellas, según un informe del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) hasta el año 2016 ascendía a 1 800 000 viviendas (4). Esta cifra para el Instituto Nacional de Estadística e Informática representaba en su momento el 11.7% de los hogares a nivel nacional, para el 2017 el porcentaje disminuyó a 11.2% (5) , a pesar de esta reducción el déficit continúa siendo importante.



Figura 2. Déficit habitacional en el Perú - 2016

Fuente: MVCS 2016 (Elaboración: Sociedad Peruana de Bienes Raíces)

De lo mencionado se justifica el estudio de los BTC como unidad de albañilería de fácil fabricación in situ y con materiales que se encuentran en el medio, que además ofrecen ventajas importantes respecto a la construcción de viviendas tanto en el aspecto estético – arquitectónico y estructural.

1.3.3. Justificación ambiental

La fabricación de unidades de albañilería realizadas por el sector artesanal e informal genera un gran impacto ambiental y social puesto que emplean como combustibles recursos arbóreos, los cuales son obtenidos de la tala ilegal, así mismo usan neumáticos usados, residuos de aceites vehiculares entre otros, los cuáles son altamente contaminantes, afectando la salud de quienes laboran en el lugar así como de quienes viven en zonas aledañas a los hornos. Otros recursos usados son los suelos y aguas subterráneas, que son obtenidos del lugar donde se encuentran asentados, causando la degradación de suelos fértiles y la indisponibilidad del elemento líquido en los acuíferos en la zona (2)

Para la fabricación de los ladrillos de tierra comprimida se emplea un equipo de compresión mecánico o hidráulico, cuya función reemplaza la etapa de cocción,

proceso en el cual ganan sus propiedades físicas y mecánicas, gracias a ello se reduce un importante gasto energético y la cantidad de contaminantes enviados al medio ambiente.

Así mismo, el nopal es parte del entorno natural y es cultivada en los cinco continentes, en nuestro país se encuentra distribuida en todo el territorio, con mayor presencia en los valles interandinos donde las condiciones climáticas son favorables para su desarrollo (6) y específicamente en el ámbito local podemos encontrar la planta creciendo de forma silvestre a lo largo del valle.

1.3.4. Justificación económica

La fabricación del BTC representa un costo menor en comparación con los ladrillos ofertados en el mercado ya que la materia prima principal, la tierra, se encuentra en toda la superficie terrestre, la cantidad de cemento bordea el 15% de la mezcla y el mucílago de nopal se extrae de la especie cactácea que crece en el medio y el costo de su obtención se resume a un mínimo empleo de mano de obra y herramientas (ver Anexo A). Por otro lado, la máquina de prensado manual tiene un costo en el mercado peruano desde s/3300.00, y al ser una máquina de fácil traslado los BTC pueden ser fabricados en el lugar donde se realizará la construcción, lo que suprime el costo de transporte.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis

1.4.1.1. Hipótesis general

El mucílago de nopal influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de bloques de tierra de comprimida en Huancayo.

1.4.1.2. Hipótesis específicas

- A. El mucílago de nopal influye significativamente en la variación dimensional y alabeo de bloques de tierra de comprimida en Huancayo.
- B. El mucílago de nopal influye significativamente en el porcentaje de absorción de bloques de tierra de comprimida en Huancayo.
- C. El mucílago de nopal influye significativamente en la resistencia a la compresión de bloques de tierra de comprimida en Huancayo.

1.4.2. Variables

1.4.2.1. Variable dependiente

- Propiedades físicas de bloques de tierra comprimida: Variación dimensional, alabeo.
- Propiedades mecánicas de bloques de tierra comprimida: Resistencia a la compresión y absorción.

1.4.2.2. Variable independiente

- Mucílago de nopal: Dosificación 0%, 20%, 40% y 60% como reemplazo del agua.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

(QUINTANA y VERA, 2017) presentaron el trabajo de grado “Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%”, como requisito para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Andina del Cusco. En su tesis buscan mejorar las propiedades de resistencia mecánica y menor permeabilidad en los adobes para lo cual utilizaron el mucílago de tuna como aditivo natural.

El trabajo tuvo como objetivos evaluar la erosión, la resistencia a la compresión y realizar el análisis comparativo de las propiedades físicas de los adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna.

La metodología empleada fue la recolección de nopal, trozado del mismo y la sumersión en agua en proporción de 1:1 por 18 días para la obtención del mucílago, posteriormente se realizó la mezcla con el suelo de la zona denominada San Jerónimo, clasificada según AASHTO como tipo A-6, y paja, los que representan aproximadamente el 80% y 3%, respectivamente, del peso total para finalmente fabricar adobes de dimensiones 25x13x10 cm.

La población de adobes fue de 300 unidades y la muestra fue la totalidad de la población dividida para los diversos ensayos de la siguiente manera: 50 para variación dimensional, 25 para absorción, 25 para succión, 150 para resistencia

a la compresión y 50 para erosión acelerada de Swinburne. Se ensayaron las muestras a los 7, 18 y 30 días llegándose a las siguientes conclusiones:

- En las muestras existe relación directa entre el porcentaje de sustitución de mucílago por agua y la resistencia a la compresión. A mayor mucílago aumenta la resistencia a la compresión.
- En las muestras existe relación inversa entre el porcentaje de sustitución de mucílago por agua y la erosión. A mayor mucílago disminuye la erosión.
- A mayor cantidad de mucílago de tuna mejoran las propiedades físicas del adobe, tales como: la variación dimensional, absorción y succión.

Este trabajo es pertinente con la investigación aquí planteada porque ahonda en explicaciones acerca de la variable independiente “mucílago de nopal” y las variables dependientes “resistencia a la compresión” y “propiedades físicas”. Explica el proceso para la obtención del mucílago y los efectos positivos sobre la resistencia a la compresión y propiedades físicas del adobe.

(BULNES, 2018) presentó la tesis titulada “Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal”, como requisito para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad San Pedro. Su trabajo se enfocó en determinar la resistencia mecánica de muestras de concreto con la adición de mucílago de nopal.

La investigación tuvo como objetivos la comparación de la resistencia a la compresión de morteros con adición del 10% y 20% de mucílago de nopal respecto a muestras sin adición, además de determinar la composición química y acidez del mucílago de nopal y la relación agua/cemento adecuada para la mezcla.

La metodología explica el corte en cuadrados pequeños de las pencas, a continuación introducirlas en agua en una relación 1:1 por 18 horas, posteriormente la mezcla de los materiales como son el agregado fino de la cantera La Sorpresa de la ciudad de Chimbote, cemento portland tipo I, agua y mucílago de nopal.

La población y la muestra lo conforman la misma cantidad que son 27 probetas de mortero, divididos de la siguiente manera: 9 muestras patrón, 9 con 10% de

mucílago y 9 con 20% de mucílago. Las muestras se ensayaron a los 3, 7 y 28 días de curado.

Las conclusiones del trabajo son las siguientes:

- El valor numérico del pH del mucílago de nopal empleado fue de 4.18, calificado como moderadamente ácido, que parcialmente resulta dañina para la mezcla.
- Según la composición química del mucílago, predomina la presencia del Sodio y Magnesio, 97.667% de la masa, los que dotan de altas resistencias iniciales y descenso de resistencias finales.
- La relación a/c empleada en la investigación fue de 0.485 con una fluidez de 19.83%.
- Las muestras con adición de mucílago de nopal ensayadas a los 3 y 7 días aumentan la resistencia a la compresión en relación directa con la cantidad del aditivo, sin embargo las muestras con mucílago de nopal ensayadas a los 28 días muestran menores valores que la muestra control.

Respecto a esta investigación el aporte se explica por el desarrollo y relación que establece entre las variables “mucílago de nopal” y “resistencia a la compresión” con ello respalda una de las hipótesis planteadas. Orienta una forma de obtener el mucílago de nopal partiendo de la identificación de la planta tomando en cuenta su especie y características físicas además del tiempo de remojo a partir de la temperatura circundante. También sirve de apoyo a una de las hipótesis de esta investigación que expresa un aumento en la resistencia a la compresión.

(PRIMO, 2014) presentó su tesis “Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia Ficus-Indica*) en la resistencia a la compresión del concreto” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca. El trabajo busca mejorar la resistencia a la compresión del concreto mediante la adición de extracto de nopal.

La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto que produce el extracto de nopal en la resistencia a la compresión del concreto.

El proceso de ejecución empezó con obtención del extracto de nopal, para lo cual se limpió de las espinas las hojas de nopal, se lavó, peló, cortó en pedazos y se licuó durante 2 minutos, posteriormente se realizó la mezcla de los materiales

agregado fino pasante de la malla 3/8", agregado grueso pasante de la malla 1 1/2", cemento portland tipo I, agua y extracto de paleta de tuna. Se realizaron probetas con 0%, 1%, 3% y 5% de adición de extracto de nopal en peso de cemento, las que en las 24 horas posteriores fueron desmoldadas y pasaron a la poza de curado.

Respecto a la población, la investigadora erróneamente explica que es infinita lo cual no puede ser posible, y respecto a la cantidad muestral indica que se elaboraron 36 probetas, divididas de la siguiente manera: 9 muestras de control, 9 muestras con 1% de extracto de nopal, 9 muestras con 3% de extracto de nopal y 5% con extracto de nopal todos los porcentajes respecto al peso de cemento. Las muestras se ensayaron a los 7, 14 y 28 días de curado.

A continuación las conclusiones de la investigación:

- Las muestras con adición del 1% de extracto de nopal en peso cemento aumentaron la resistencia a la compresión en promedio un 21% respecto a la muestra control.
- Las muestras con adición del 3% de extracto de nopal en peso cemento disminuyeron la resistencia a la compresión en promedio un 10% respecto a la muestra control.
- Las muestras con adición del 5% de extracto de nopal en peso cemento disminuyeron la resistencia a la compresión en promedio un 38% respecto a la muestra control.
- La adición de extracto de nopal en cantidades mínimas es favorable para la resistencia a la compresión del concreto.

La investigación guarda relación con la presente tesis por la explicación que realiza respecto a las variables "mucílago de nopal" y "resistencia a la compresión" y con ello respalda una de las hipótesis planteadas. Brinda aportes respecto al uso del nopal como aditivo natural para incrementar la resistencia cuando las dosis son pequeñas.

2.1.2. Antecedentes internacionales

(ARANDA Y SUAREZ, 2013) con el artículo científico "Efecto de la impermeabilidad del mucílago de nopal en bloques de tierra comprimidos" presentado en la revista de investigación Nova Scientia de la Universidad De la Salle Bajío en México, dan a conocer su investigación acerca de la influencia del

mucílago de nopal en las propiedades del BTC relacionado con la disminución de la porosidad.

La investigación tuvo como objetivo identificar los efectos que tiene el mucílago de nopal en bajas concentraciones sobre las propiedades del BTC.

El proceso de experimentación inició con la obtención de pencas maduras de nopal del tipo *Opuntia ficus indica* y *Opuntia ficus rastrera*, para luego ser trituradas, maceradas a 40°C en agua en relación 1:1 durante tres días, posteriormente se filtraron los sólidos y se eliminó el agua mediante evaporación. La dosificación en peso de la mezcla fue 50.4% de arcilla de la localidad, 38.4% de suelo de Altamira, 6.4% de cemento portland CPO2 y 4.8% de solución de mucílago a diversas concentraciones diluida en agua, el mucílago en las mezclas, en % p/p, representaron el 0.48, 0.96, 1.44, 1.92 y 2.4. Para el proceso de compresión de la mezcla se utilizó la prensa hidráulica Adobe press 2000 en un periodo máximo de 30 segundos.

La población y la muestra fueron de 250 especímenes divididos en 5 lotes, constituidos por 10 BTC para las 5 concentraciones. Adicionalmente se prepararon muestras de control, el trabajo no explica la cantidad pero se deduce que fueron 50.

Las conclusiones de la investigación son las siguientes:

- La resistencia a la compresión húmeda y seca de los BTC con adición de mucílago de nopal aumentan hasta un $61.5 \pm 4.6\%$.
- La porosidad se reduce a medida que se incrementa la concentración de mucílago de nopal.
- En general el mucílago de nopal mejora las propiedades de los BTC a causa de la reducción de la porosidad.

Esta investigación es pertinente por la explicación científica en la que ahonda para relacionar las variables “mucílago de nopal” y “propiedades del BTC” así demostrar la hipótesis general del presente estudio. El mucílago reduce la porosidad en las unidades fabricadas y posiblemente exista una inhibición en la interacción agua y sólido que no permite la ascensión del líquido por capilaridad, lo que conlleva a que mejoren las propiedades del BTC.

(ARANDA y GARCÍA, 2016) en la investigación “Efectos de la utilización de savias vegetales en los bloques de tierra comprimida con respecto a la prueba de abrasión” expuesta en la revista científica Legado Arquitectura y Diseño, de la Universidad Autónoma del Estado de México, México, buscan estabilizar los BTC mediante aditivos vegetales y minerales para mejorar su durabilidad.

La investigación tuvo como objetivo establecer la durabilidad, mediante el ensayo de abrasión, de los BTC estabilizados con mucílago de nopal, acíbar de sábila y cemento portland ordinario 20 (CPO 20).

Se fabricaron tres tipos de BTC, la primera sin aditivo natural, la segunda con mucílago de nopal y la tercera con acíbar de sábila. Para la obtención del mucílago de nopal se sumergieron 9.929 kg de pencas de nopal maduras en 50 litros de agua por cinco días para luego eliminar el sólido. Se utilizaron dos especies de nopal, *Opuntia ficus indica* y *Opuntia rastrera*, siendo la última de mayor viscosidad y por ende la adecuada para ser empleada. Para la obtención del acíbar de sábila, a las pencas se le retiró el epitelio, se licuaron y se almacenaron.

La mezcla base estuvo compuesta por arcilla (53%), suelo (41%), cemento CPO 20 (6%), para las muestras de control se agregaron 6 litros de agua, para las muestras de baja concentración de mucílago de nopal especifica el trabajo que se agregó 6.3, 4.7, 3.1 y 1.6 litros de solución para las concentraciones de 4%, 3%, 2% y 1% respectivamente, para las muestras de acíbar de sábila las concentraciones son las mismas mas no especifican las cantidades por mezcla. En el proceso indican que se fabricaron unidades adicionales de altas concentraciones de mucílago de nopal de 10%, 20%, 20%, 40% y 50%.

Según la investigación la población y la muestra la constituyen 500 BTC, de los cuales 250 BTC estaban con adición de mucílago y los otros 250 BTC estaban con adición de acíbar de sábila, sin embargo obvia el número de unidades que se fabricaron sin aditivo natural, lo que adicionaría 50 BTC y también menciona la fabricación de cinco lotes de 10 BTC para altas concentraciones de mucílago de nopal 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, lo que adicionaría 250 BTC, haciendo de la muestra un total de 800 BTC.

Las conclusiones a las que arribaron los investigadores se presentan a continuación:

- El grupo de BTC con adición de mucílago de nopal en bajas concentraciones no mejoran las características de los BTC.
- El grupo de BTC con adición de mucílago de nopal en altas concentraciones no cumplen con la prueba de abrasión.
- El grupo de BTC con adición de acíbar de sábila presenta en las pruebas de abrasión mayores valores respecto a la muestra control.

La investigación de Aranda y García aportan a mi trabajo por la explicación y relación que establece entre las variables “mucílago de nopal” y “resistencia a la compresión” respaldando una de la hipótesis propuestas. Ahonda en la manera de obtener mucílago de nopal y el efecto positivo que tiene el aditivo en mención sobre la resistencia a la compresión del BTC.

(CERVANTES, 2017) en la tesis “Adobe orgánico elaborado con arcilla y mucílago de nopal, para construcción de centro eco-turístico en el municipio de Acolman” presentada para la obtención del Título de Ingeniero Arquitecto, por el Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Profesional Tecamachalco, en Puebla, México. Busca mejorar las propiedades del adobe mediante la adición de mucílago de nopal.

El objetivo general de la investigación fue analizar las propiedades físicas del mucílago de nopal y estudiar el beneficio sobre la resistencia a la compresión en el adobe como elemento estructural.

Se fabricaron tres lotes de adobe con diferentes dosificaciones eligiendo la de mejores resultados para emplearlos en los ensayos de laboratorio: 1/5 de arcilla, 1 de arena, 1/2 de mucílago de nopal y 1 de paja.

La población y muestra fueron 22 unidades. Menciona la elaboración y el ensayo de muestras de mampostería (pilas) adicionalmente al ensayo de unidades, sin embargo no precisa las cantidades en cada una.

Las conclusiones del autor son las siguientes:

- El adobe con adición de mucílago de nopal presentó una resistencia en promedio de 14.74 kg/cm² muy cercana a la del tabique rojo recocido 15 kg/cm² expresada en la NTC de mampostería del RCDF.

- El adobe con aditivo de nopal puede ser empleado como elemento estructural, exclusivamente para la construcción del tipo casa habitación.
- En el proceso de secado los adobes resultaron cuartados, lo que manifiesta un problema de dosificación.

La investigación presentada es importante para este trabajo porque analiza y relaciona las variables “mucílago de nopal” y “resistencia a la compresión”, confirmando de manera indirecta la incidencia que tiene el primero sobre el segundo.

(TORRES Y OTROS, 2010) mediante la investigación “Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas” presentada por las instituciones Secretaría de Comunicaciones y Transportes conjuntamente con el Instituto Mexicano del Transporte, buscaron mejorar las propiedades del mortero mediante adiciones botánicas.

El objetivo de la investigación fue investigar y analizar las propiedades físicas y mecánicas de morteros con adición de nopal y sábila en estado deshidratado.

Para la fabricación de los morteros con cemento portland se realizaron múltiples pruebas para tener mezclas tixotrópicas y de similares consistencias, vale decir que la relación agua – cemento fueron diferentes para cada tipo de muestra puesto que se realizaron en base a la misma fluidez. Se agregaron las adiciones cactáceas en reemplazo de cemento en tres cantidades 1, 2 y 4% y finalmente se obtuvieron los tres tipos de mezclas: cemento (C0), cemento y nopal (CN1, CN2, CN4) y cemento y sábila (CS1, CS2, CS4). Las pruebas que realizaron fueron: consistencia normal, fraguado inicial y final, fluidez, resistividad eléctrica, velocidad de pulso ultrasónico, resistencia a la compresión y absorción de agua.

La población y la muestra fueron de 84 unidades de forma cúbica de 5cm de lado. Se fabricaron setenta y dos muestras con porcentajes de reemplazo al 1, 2 y 4% de nopal y sábila y doce sin aditivo; las edades en cada tipo fueron de 30, 90, 180 y 900 días.

Los autores concluyeron lo siguiente:

- Las mezclas con aditivo de nopal contribuyeron al incremento de la resistencia a la compresión y resistividad eléctrica.

- Los morteros con adiciones cactáceas aumentaron su absorción.
- Los beneficios mostrados del mortero con aditivos naturales pueden extrapolarse a otros elementos que contengan concreto.
- La adición del nopal, en forma de polvo, en morteros produce beneficios en sus propiedades sin embargo es costoso por lo que se recomienda usar el nopal mediante formas de obtención más económicas.

La investigación en mención explica la mejora de la resistencia a la compresión de los morteros mediante la adición nopal deshidratado, confirmando la hipótesis de la investigación. Por otro lado recomiendan obtener el nopal de otras maneras siendo el mucílago de nopal más económico.

(RAMÍREZ Y OTROS, 2011) en su investigación “Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural” presentada en la revista científica *Materiales de Construcción*, evaluaron el efecto del mucílago de nopal en pastas de cemento.

El objetivo del trabajo es evaluar el impacto del mucílago de nopal en las propiedades del hormigón hidráulico en estado fresco y endurecido.

La mezcla de hormigón estuvo compuesta por arena de río y grava triturada de tamaño máximo de 19 mm, cemento Portland blanco, mucílago de nopal del tipo *Opuntia Ficus-Indica* concentrado al 3% como sustituto del agua, agua destilada y aditivo reductor de agua de alto rango. El hormigón uso como relación agua/cemento y nopal/cemento igual a 0.30, 0.45 y 0.60.

La mezcla de pastas de cemento tuvieron las mismas relaciones de agua/cemento y nopal/cemento.

La población y muestra representaron las mismas cantidades, del hormigón se fabricaron 36 cilindros de 10cm x 20cm para los ensayos de absorción capilar de agua y difusión de cloruros en hormigón; de la pasta se elaboraron 30 muestras para los ensayos de tiempo de fraguado, fluidez, hidratación y microestructura de pastas de cemento.

Las conclusiones más importantes del trabajo:

- El mucílago disminuye la fluidez y actúa como retardante en las pastas de cemento.
- El mucílago de nopal redujo la absorción capilar de agua en las mezclas de hormigón curadas entre 0 y 7 días, respecto a las muestras de control.

La investigación aporta en el sentido de la absorción capilar la que disminuye gracias al mucílago de nopal, pudiéndose hacer un símil con la variable absorción planteada en mi investigación, la cual hipotéticamente se reducirá respecto a las muestras control.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Unidades de albañilería

Según la Norma E070 – Albañilería, denomina unidad de albañilería a ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o sílico calcáreo. Pudiendo ser sólida, hueca, alveolar o tubular. (7)

Según la Norma E080 – Diseño y Construcción con tierra reforzada, mencionan como unidad de tierra únicamente al adobe. (8)

Es relevante destacar esta diferencia puesto que el BTC es unidad de tierra estabilizada y no está considerada en ninguna norma especializada como si sucede en otros países.

En la presente tesis se delimita el estudio a la unidad albañilería denominada Bloque de Tierra Comprimida (BTC) que es elaborado con tierra, cemento, aditivo natural y agua, mediante el empleo de una máquina mecánica de compresión manual.

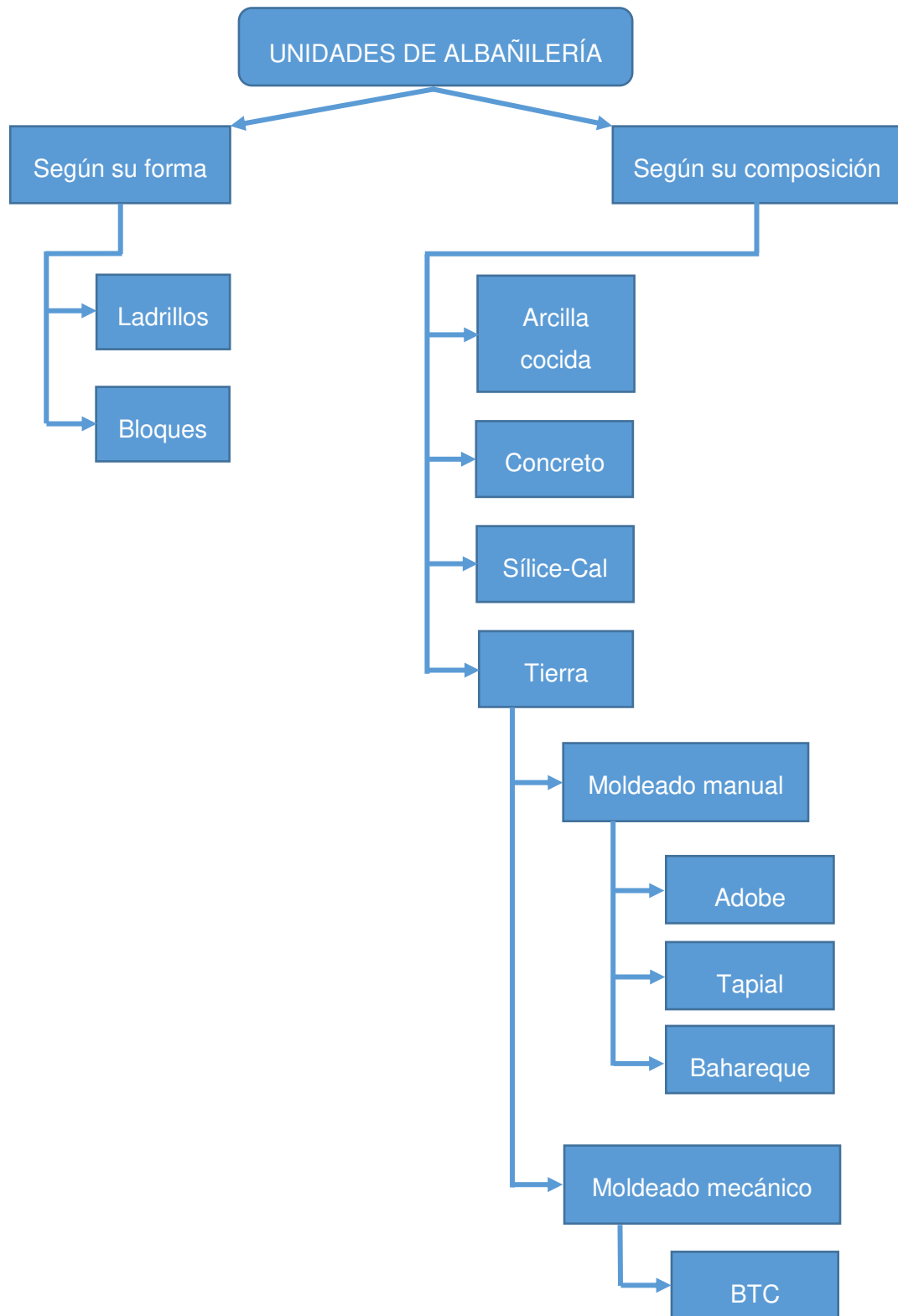


Figura 3. Clasificación de las unidades de albañilería

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.1. Bloques de tierra

La tierra es un material natural, noble, maleable en sus formas, trabajable, cálido, adaptable a todos los climas y sobre todo ecológico. Una vez culminada su vida útil vuelve al medio natural sin contaminar pudiéndose reciclar cuantas veces se demande. (9)

Los materiales de construcción de tierra pueden ser obtenidos mediante cocción o crudo, los primeros ocasionan contaminación en el ambiente por su proceso de fabricación mientras que los segundos son los denominados ecológicos. En este trabajo se mencionan a estos últimos.

2.2.1.1.1. Bloques de tierra moldeados a mano

Los materiales de tierra moldeadas a mano aún persisten hasta nuestros días tanto como técnica de elaboración como las edificaciones construidas con ellas.

Dentro de las técnicas de construcción con tierra a mano encontramos: adobe, tapial y bahareque (denominado “quincha” en el Perú). Algunos de estos sistemas constructivos fueron mejorados y otros quedaron en desuso debido a la vulnerabilidad del material (10)

A. Adobe

El adobe es un bloque macizo de tierra sin cocer el cual a menudo contiene paja u otro material que le ayude a tener una mejor estabilidad frente a los agentes externos (11)



Figura 4. Secado de adobe

Fuente: https://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num7/pdf/piezas_adobe.pdf

B. Tapial

También denominada tierra apisonada, el tapial es una técnica milenaria. Consiste en colocar dos tablonces paralelos separados unidos por un travesaño, los cuales representan el encofrado para luego ser rellenos de barro el que será compactado de manera manual o mediante pisones eléctricos o neumáticos.

El tapial usa barro en un estado medianamente húmedo por lo que presenta una retracción baja y una gran resistencia; y por ser una construcción del tipo monolítico tiene gran durabilidad. (12)

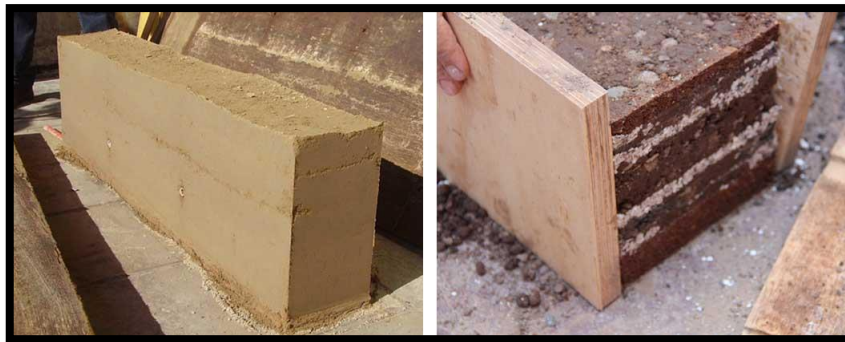


Figura 5. Encofrado para tapial

Fuente: <https://ebasl.es/construir-una-casa-con-tapial/>

C. Bahareque

Conocido también como enjarre o embarrado, consiste en una estructura de material vegetal relleno con barro y fibras vegetales. El armazón lo componen materiales bambúseos dispuestos en dos sentidos, horizontales y verticales o cruce de diagonales que corre entre la estructura de pies derechos de madera fijadas a la cimentación o al suelo natural. (13)

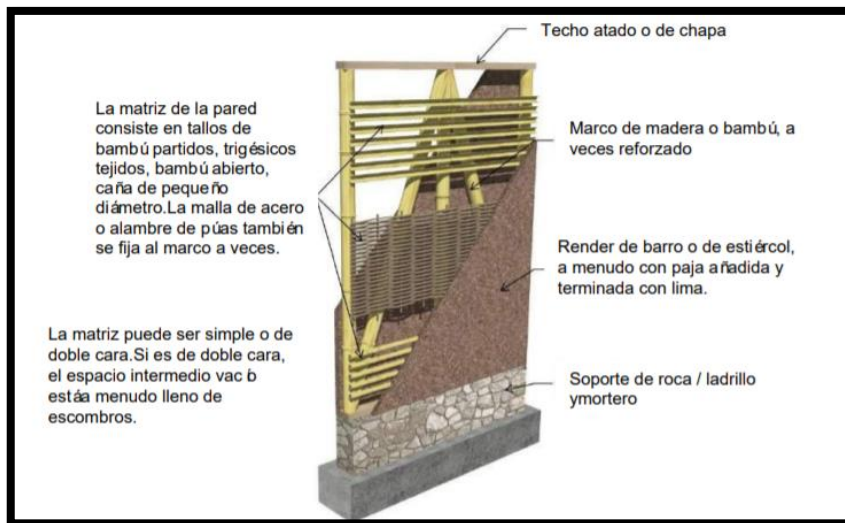


Figura 6. Partes del bahareque

Fuente: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-guia-de-disencc83o-para-viviendas-de-bahareque-encementado.pdf>

2.2.1.2. Bloques de tierra comprimida mecánicamente

Los bloques de tierra comprimida, denominados BTC, se componen por tierra compactada en un molde mediante prensado. Para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del elemento, como son la resistencia a la compresión, impermeabilidad, durabilidad entre otros se utiliza la graduación granulométrica que consiste en mezclar proporcionalmente tierras de diferentes granulometrías y la estabilización química que incluye la adición de algún tipo de aglomerante como el cemento o la cal. (14)

Para la fabricación de BTC se requiere los siguientes materiales:

- **Cemento:** La función del cemento es de ser estabilizador contra el agua en los suelos que tienen poca arcilla. Mientras el suelo tenga más arcilla se necesitara más cemento para poder alcanzar ese efecto de estabilización. El cemento contrarresta las fuerzas aglutinantes de la arcilla, dándole resistencia a la compresión.
- **Agua:** La función primordial del agua es que va a permitir que se activen las distintas propiedades de los demás componentes de los BTC, como en el caso de la tierra que va a ganar plasticidad al entrar en contacto con el agua.

La cantidad de agua en la mezcla debe garantizar una plasticidad suficiente evitando que la mezcla sea demasiado fluida, esto último provoca una disminución en la resistencia. (15)

- Tierra: La tierra tiene como función principal el brindarle cuerpo y solidez a los BTC y está formada por arena y limos en su mayoría. Según Toirac, los suelos A-2 son ideales para la producción de suelo cemento debido a que esta contiene gravas, arenas, limos y arcillas (16).

2.2.2. Aditivos

Los aditivos son componentes orgánicos o inorgánicos que cumplen la función de mejorar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. En la presente investigación se delimita el estudio al aditivo orgánico denominado Mucílago de nopal para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del BTC.

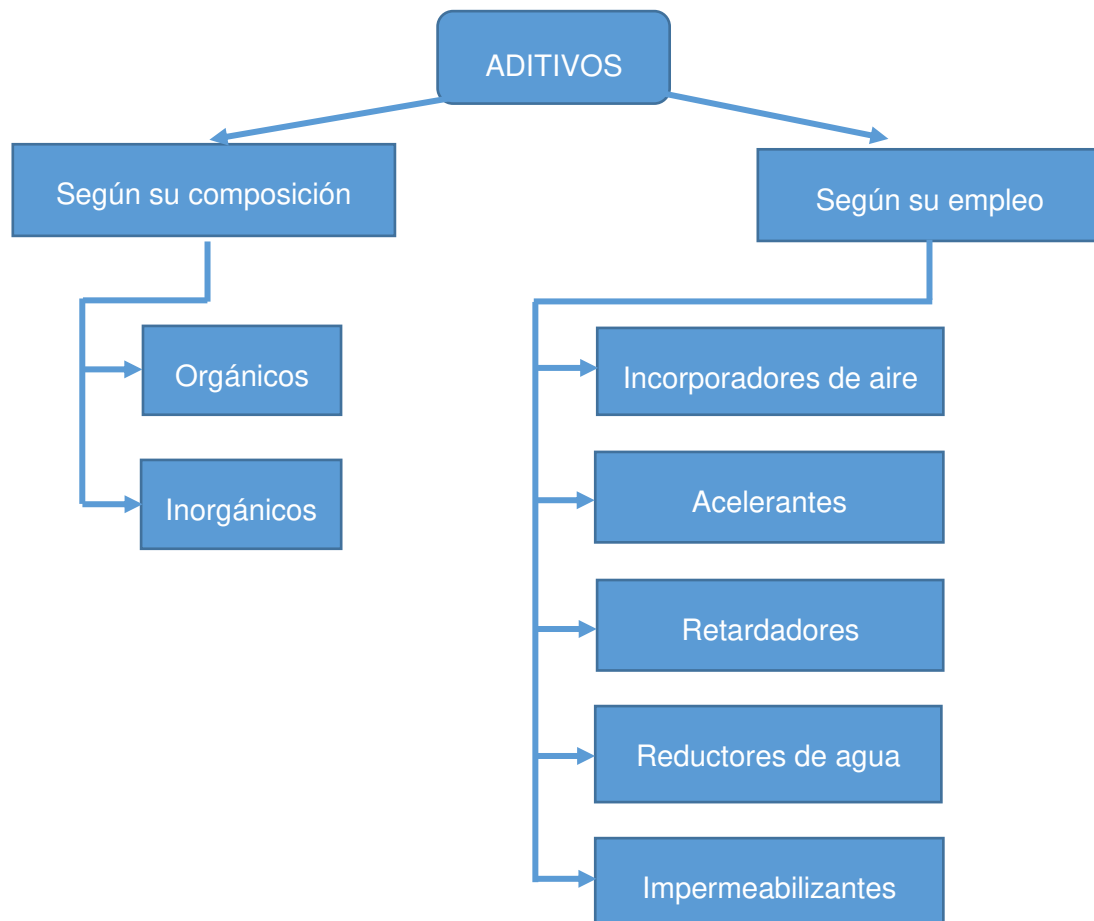


Figura 7. Clasificación de los aditivos en la construcción

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.1. Mucílago de Nopal

La *Opuntia* spp., conocida como nopal es una planta de la familia cactácea, es nativa de América y cultivada en el mundo entero. Su capacidad para resistir altas temperaturas y períodos prolongados de sequía las hace especialmente atractivas para las zonas áridas y semiárida (17). Existen diversas especies de nopal siendo la más abundante y de fácil reconocimiento la *Opuntia ficus-indica* que es la empleada para esta investigación.



Fotografía 4. Plantación comercial de nopal *Opuntia Ficus Índica*

Fuente: Cultivo de Tuna – Gerencia Regional Agraria La Libertad

Los nopales contienen sustancias viscosas generalmente conocidas como mucílago o hidrocoloide, que está constituido por carbohidratos de alto peso molecular. Contiene principalmente dos polímeros orgánicos: amilasa y amilopectina. La primera tiene la capacidad de formar películas delgadas que al secar presentan alta rigidez; y la segunda, aporta la viscosidad y altamente soluble en agua. Combinadas y en solución acuosa pueden formar capas con diferentes propiedades mecánicas que son aprovechadas para unir diferentes materiales (18).



Fotografía 5. Obtención del Mucílago de nopal

Fuente: Universidad Andina del Cusco.

2.2.3. Propiedades físicas y mecánicas la unidad de albañilería

2.2.3.1. Propiedades físicas de la unidad de albañilería

Son aquellas características visibles y propias de las unidades de albañilería que pueden ser medidas sin causar alteraciones en su composición. En esta investigación se estudiarán la variación dimensional (NTP 399.613 y 399.604), alabeo (NTP 399.613) y absorción (NTP 399.604 y 399.613).

- A. Variación dimensional: Es la propiedad que permite conocer la variabilidad de los lados de las unidades de albañilería respecto a valores nominales. Los cambios dimensionales considerables entre unidades repercutirán en la construcción de los muros causado por el espesor de la junta de mortero, también podrían tener consecuencias arquitectónicas de ser estas unidades del tipo caravista.
- B. Alabeo: Expresado por la concavidad o convexidad de las caras por donde serán asentadas las unidades de albañilería. Los alabeos excesivos ocasionan una reducción del área de contacto con el mortero

al formar vacíos, pudiendo tener consecuencias graves por fallas de tracción por flexión en la unidad por el peso que recae sobre él.

- C. Absorción: Propiedad física por la cual se conoce la capacidad de absorción de las unidades cuando alcanzan un estado de saturación después de estar sumergidas completamente en agua durante 24 horas. Esta propiedad expresa indirectamente la permeabilidad y durabilidad de los muros.

2.2.3.2. Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería

Las propiedades mecánicas son aquellas que determinan el comportamiento de las unidades de albañilería cuando están sometidas a fuerzas externas. En esta investigación se estudiarán la resistencia a la compresión (NTP 399.613, 339.604 y 339.605)

- A. Resistencia a la compresión: Es la propiedad que determina la resistencia, en el amplio sentido del término, del muro de albañilería, además de asegurar su calidad estructural.

2.2.4. Normativas

2.2.4.1. RNE – Norma E.070 – Albañilería

La norma “establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados” (7).

Para esta investigación la información utilizada de esta norma fue la relacionada a los capítulos: Componentes de albañilería y Resistencia de primas de albañilería.

2.2.4.2. RNE – Norma E.080 – Diseño y construcción con tierra reforzada

La norma establece las “características mecánicas de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, diseño sismorresistente para edificaciones de tierra reforzada, elementos estructurales fundamentales de las edificaciones de tierra reforzada así como al comportamiento de los muros de adobe y tapial, de acuerdo a la filosofía de diseño sismorresistente” (8).

Para esta investigación la información utilizada de esta norma fue la relacionada a los capítulos: Consideraciones generales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada y Construcción de edificaciones de tapial reforzado.

2.2.4.3. Normas Técnicas Peruanas

- A. NTP 331.017.- Referida a las definiciones, clasificación, condiciones generales y requisitos que debe cumplir el ladrillo de arcilla. (19)
- B. NTP 331.018.- Referida a los métodos de ensayo para determinar la variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión, absorción y otras, en ladrillos de arcilla. (20)
- C. NTP 399.613.- Referida los métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla. (21)
- D. NTP 399.604.- Referida al método de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de albañilería. (22)

2.3. Definición De Términos Básicos

- I. Propiedades físicas:
Son aquellas propiedades que cambian la materia sin alterar su composición. (23)
- II. Propiedades mecánicas:
Estas propiedades describen el comportamiento de un material ante fuerzas externas aplicadas en el mismo. (23)
- III. BTC:
Su nombre original es bloque de tierra comprimida, este es un material fabricado con una mezcla de tierra y un material estabilizante como puede ser la cal o el cemento, los cuales son comprimidos y moldeados en una prensa mecánica o manual. (24)
- IV. Aditivos:
Sustancias que se agregan a otras con el objetivo de darle cualidades que no poseen o para mejorar las cualidades innatas. (25)
- V. Mucilago de nopal:
Es un polímero capaz de retener agua y contener por mucho tiempo los materiales humectantes. (26)

- VI. CETA-RAM:
Prensa manual para fabricación de BTC, la cual facilita la construcción de edificaciones ecológicas. (27)
- VII. Curado:
Es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuáles fue diseñada la mezcla.
- VIII. Alabeo:
Efecto semejante a la variación dimensional. El material en análisis presenta concavidad o convexidad, alabeo, de ser mayor conduce a la mayor colocación de mortero. Asimismo puede disminuir la adherencia entre el mortero y la unidad al formarse vacíos en las zonas alabeadas, afectando a la resistencia y fuerza cortante del muro pudiendo producir fallas de tracción por flexión en la unidad. (28)
- IX. Variación dimensional:
Propiedad física que influye en el comportamiento del muro. Por lo que a mayor variación dimensional será mayor el espesor del mortero y por lo tanto será menor la resistencia a compresión y también la fuerza cortante del muro. (28)
- X. Absorción:
Es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería. Según la Norma E070 en las unidades de arcilla no debe exceder el 22%, puesto que expresará un mayor grado de porosidad y por lo tanto, menos resistente a la acción de la intemperie. La unidad porosa absorberá agua del mortero, secándolo e impidiendo el adecuado proceso de adherencia mortero-unidad, lo que influye en la disminución de la resistencia del muro. (28)
- XI. Resistencia a la compresión:
La resistencia a la compresión de la unidad es, por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina la resistencia a la compresión del muro de albañilería (f'_m). En general, unos valores altos de resistencia a la compresión señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. (28)

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, enfoque y alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

La presente investigación utiliza el método científico, que consiste en el estudio sistemático, controlado, empírico y crítico de proposiciones hipotéticas acerca de presuntas relaciones entre varios fenómenos (29). Específicamente el método hipotético - deductivo puesto que parte de una hipótesis inicial basada en inferencias empíricas y posteriormente será sometido a experimentación. (30)

3.1.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación de este trabajo es del tipo Cuantitativo porque emplea la recolección de datos para validar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico. (31)

3.1.3. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación es Correlacional pues su finalidad es conocer el grado de asociación que existe entre dos o más variables (32). Esta investigación pretende demostrar la relación que existe entre la variable independiente "Mucílago de nopal" y la variable dependiente "Propiedades físicas y mecánicas de bloques de tierra comprimida".

3.2. Diseño de la investigación

El diseño es del tipo experimental puesto que la variable independiente “Mucílago de nopal” es manipulada intencionalmente para analizar los efectos sobre la variable dependiente “Propiedades físicas y mecánicas de bloques de tierra comprimida” en un estado de control ejercido por el investigador (32)

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Los BTC son unidades de albañilería que son fabricados por el investigador y estos son 156 unidades distribuidos en cuatro grupos según la dosificación del aditivo.

3.3.2. Muestra

La muestra es probabilística porque es representativa de la población y cada elemento muestral tiene al inicio la misma posibilidad de ser elegido (32). El método de muestreo aplicado es censal, al ser la población finita y pequeña la muestra serán las 156 unidades de investigación (33).

El número de unidades por cada uno de los ensayos se determinó en base a lo indicado en la NTP 339.613.

Tabla 1. Cantidad de muestras por categoría

Fuente: Propia

CATEGORÍA	VARIACIÓN DIMENSIONAL	ALABEO	ABSORCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS (3 UND)	N° DE MUESTRAS POR CATEGORÍA
	N° DE MUESTRAS	N° DE MUESTRAS	N° DE MUESTRAS	N° DE MUESTRAS	N° DE MUESTRAS	
BTC + 0% MP	10	10	5	5	3	39
BTC + 20% MP	10	10	5	5	3	39
BTC + 40% MP	10	10	5	5	3	39
BTC + 60% MP	10	10	5	5	3	39
					TOTAL	156

3.4. Procedimiento metodológico

Secuencia de elaboración y ensayo de especímenes:

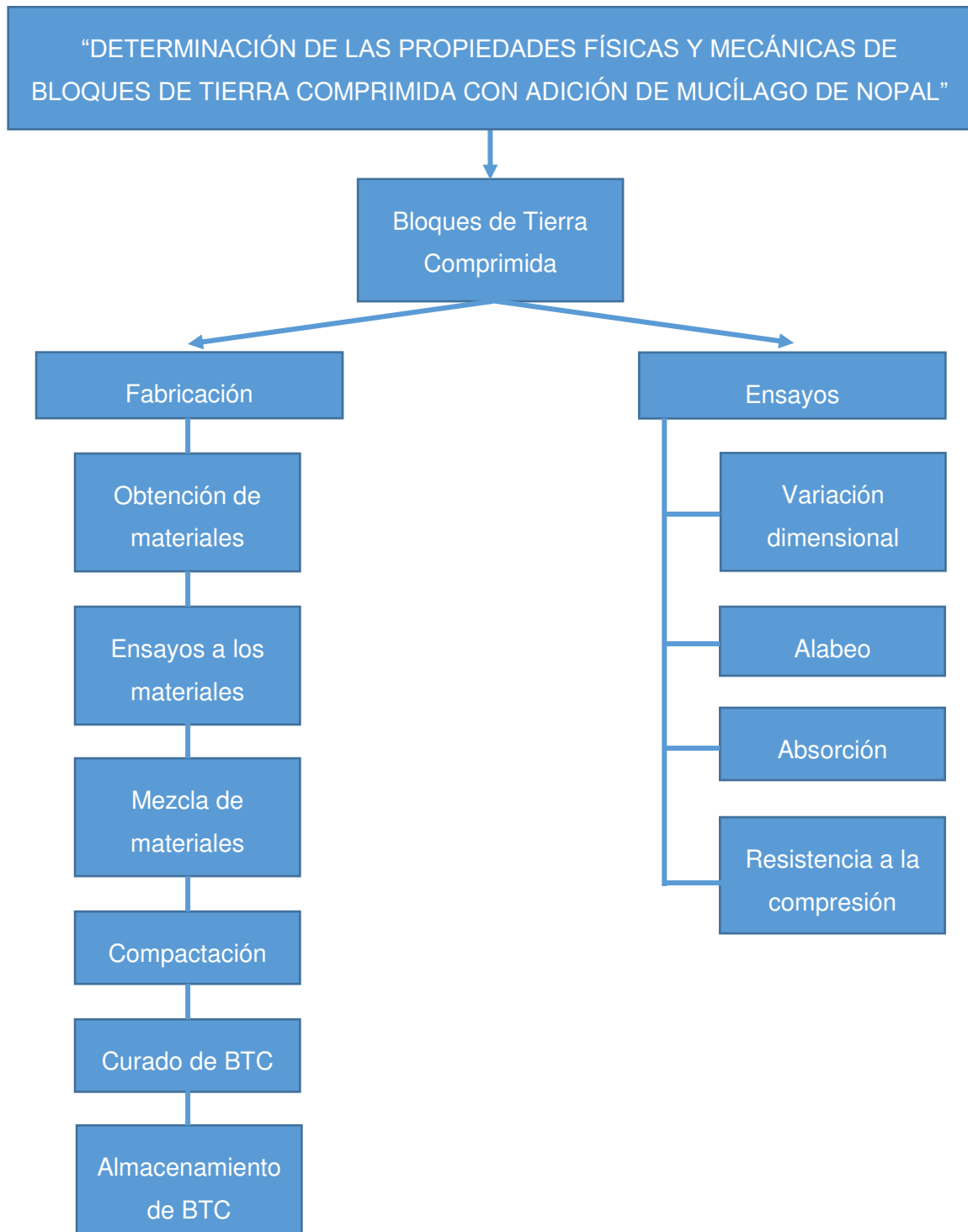


Figura 8. BTC: Fabricación y Ensayos.

Fuente: Elaboración propia

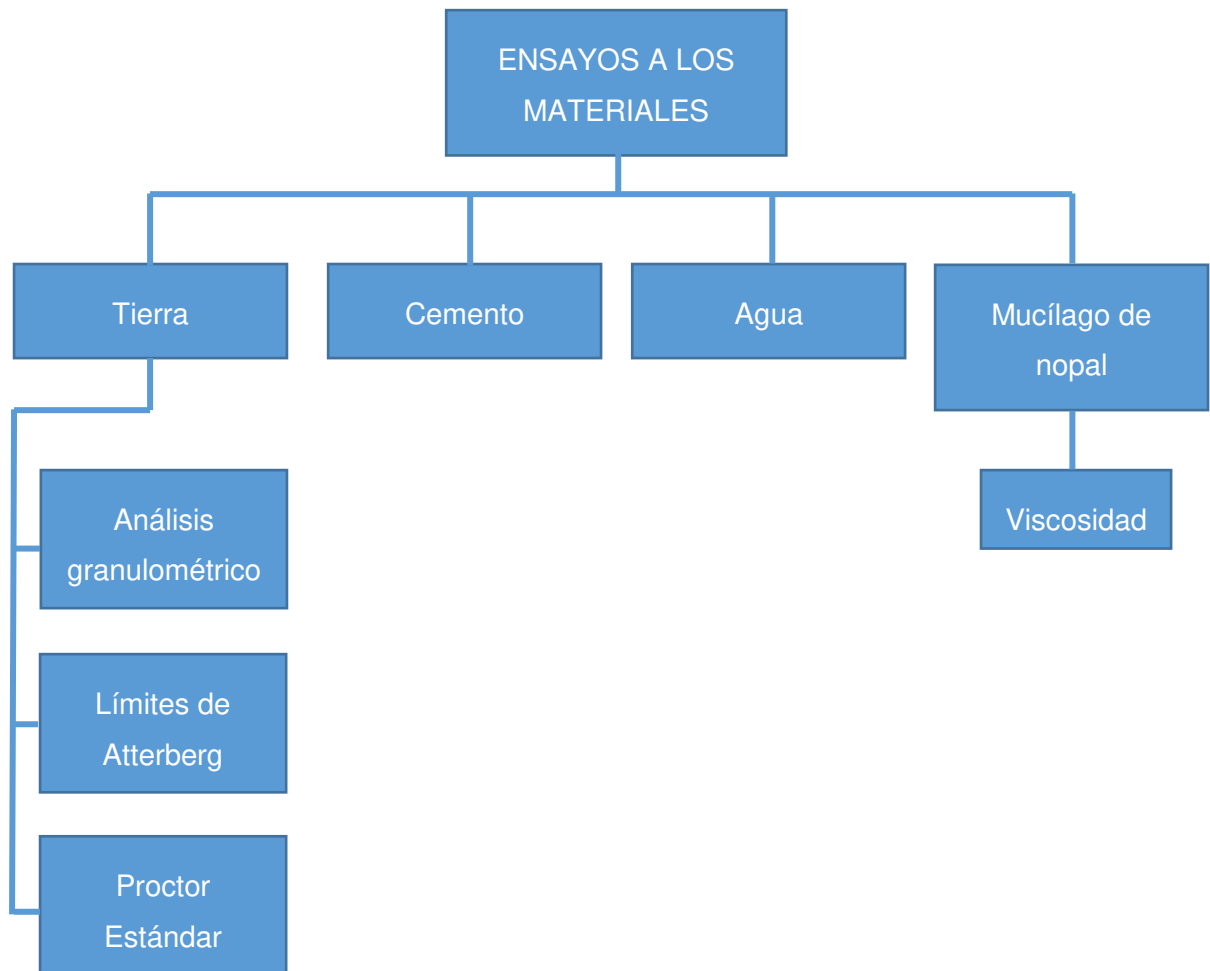


Figura 9. Ensayos a los materiales que componen el BTC.

Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Obtención de materiales

3.4.1.1. Extracción de tierra

La cantera donde se extrajo la tierra se ubica en la región Junín, provincia de Chupaca, distrito de Chongos Bajo, en el Km. 10 de la vía principal que une este distrito con el distrito de Huamancaca Chico.

Se optó por elegir dicha cantera puesto que es la misma que utilizó el Ing. Jesús Meza para la elaboración de BTC para su tesis “Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo” (34).



Figura 10. Vía que une Huamancaca Chico – Chongos Bajos (izquierda); Imagen satelital de la zona de cantera (izquierda)



Fotografía 6. Cantera del suelo empleado

3.4.1.2. Zarandeo de tierra

Se dejó secar el suelo durante 14 días para eliminar la humedad, luego se realizó el zarandeo mediante la malla de 1" con el objetivo de eliminar los terrones y las piedras.



Fotografía 7. Zarandeo de suelo

3.4.1.3. Mucílago de nopal

Se identificó el nopal del tipo *Opuntia Ficus Indica* en Chongos Bajo, se cortaron las pencas jóvenes, que generalmente son de tamaño entre 30cm – 40cm, ya que son las más frescas. Se trozaron en cuadrados de 5cm x 5cm aproximadamente, luego se sumergen en agua en una relación de peso 1:1 durante 72 horas posteriormente se filtra la mezcla para obtener la solución acuosa llamada mucílago de nopal.

Para el cálculo de la concentración del mucílago se deben considerar los siguientes datos: se mezcló 10kg de nopal con 10 litros de agua, transcurridos los 3 días se realizó la filtración obteniéndose 14.3 litros de solución.

$$C = \frac{N * 100}{V}$$

Donde:

- C: Concentración de mucílago (%)
- M: Masa de nopal (kg)

- V: Volumen final de solución (l)

Reemplazando los datos:

$$C = \frac{10 * 100}{14.3}$$

$$C=70\%$$

La concentración del mucilago de nopal fue de 70%.



Fotografía 8. Localización del nopal



Fotografía 9. Extracción del mucílago de nopal

3.4.2. Mezcla de los materiales

La cantidad de cemento que debe utilizarse en la mezcla obedece a criterios de mejora en las propiedades físicas y mecánicas y costo. Esta investigación se basó en los resultados de la tesis de Meza “Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida para la construcción de muros perimétricos en Huancayo” en la que recomienda el uso de 15% de cemento porque asegura índices nulos de erosionabilidad así como una resistencia promedio de 52.29 kg/cm². El agua se calculó mediante los ensayos empíricos descritos y la cantidad de mucílago de nopal para cada tipo de muestra corresponde al porcentaje de sustitución respecto al agua.

Tabla 2. Dosificación para la fabricación de 10 BTC

Fuente: Propia

	Tierra (m3)	Cemento(bls)	Agua (l)	Mucílago (l)
BTC + 0% de MN	0.0221	0.1377	3.20	0.00
BTC + 20% de MN	0.0221	0.1377	2.56	0.64
BTC + 40% de MN	0.0221	0.1377	1.92	1.28
BTC + 60% de MN	0.0221	0.1377	1.28	1.92

La mezcla de la tierra, cemento, mucílago de nopal y agua se realizó con una mezcladora de concreto tomando en cuenta la dosificación para cada tipo de muestra.



Fotografía 10. Preparación del suelo (izquierda); Mezcla en máquina (derecha)

3.4.3. Compactación de BTC

Para esta etapa del proceso se utilizó una máquina de compresión mecánica CETA-RAM. Se coloca la mezcla en el molde la máquina y luego se comprime. La compactación disminuye la cantidad de vacíos y resulta en un bloque de gran resistencia.



Fotografía 11. Prensado de BTC mediante máquina mecánica.

3.4.4. Curado y almacenamiento del BTC

Los bloques fueron dispuestos en un lugar cerrado distanciados entre sí y sin apilar por el lapso de siete días evitando el contacto con superficies que puedan restarle humedad. El curado consiste en humedecer los bloques dos veces el día. Cumplidos los siete días deben ser trasladados a un lugar cubierto que permita el paso del aire. A los quince días pueden ser expuestos a la intemperie.



Fotografía 12. Curado de BTC

3.4.5. Proceso constructivo de las pilas de BTC

- A. La superficie donde se construirá la pila debe ser completamente horizontal y libre de impurezas.



Fotografía 13. Superficie limpia y horizontal

- B. Seleccionar las unidades más regulares para realizar un asentado sin inconvenientes. Para ello se empleó un nivel de mano.



Fotografía 14. Unidades sin irregularidades

- C. Rellenar los alveolos de mortero así como la superficie donde se asentará la siguiente unidad.



Fotografía 15. Asentado de BTC

- D. Verificar continuamente la verticalidad y horizontalidad de la pila empleado un nivel de mano.



Fotografía 16. Nivelación de la pila

- E. Una vez construida la pila limpiar el espacio de trabajo. Evitar mover la muestra. En los días posteriores curar la muestra y dejar secar.



Fotografía 17. Pila de BTC

3.4.6. Ensayos de ingeniería

3.4.6.1. Tierra: Análisis granulométrico

A. Referencia Normativa:

MTC E 107 Análisis granulométrico de suelos por tamizado

B. Equipos y accesorios

- Tamices normalizados
- Balanza electrónica 0.1g
- Horno
- Tamizadora
- Bandejas, cepillos y brochas

C. Procedimiento

- Realizar el cuarteo del suelo para obtener una cantidad representativa luego se pesó el material en estado seco.
- Lavar el suelo utilizando la malla N°200, posteriormente el material fue colocado en una bandeja y llevado al horno por 24 horas.
- Retirar la muestra del horno, se dejó enfriar y se pesó. Se vertió el suelo sobre el juego de tamices ordenados y se inició el tamizado.
- Terminado el tamizado proceder a separar cada malla con cuidado y pesar el material retenido en cada una de ellas.



Figura 11. Ensayo de granulometría: Tamizado mecánico

D. Cálculos

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en tamiz}}{\text{Peso total del material}} \times 100 \dots\dots (I)$$

$$\% \text{Pasa} = 100\% - \% \text{Retenido acumulado} \dots\dots (II)$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots (III)$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \dots\dots (IV)$$

$$D_x = \frac{D_2 - D_1}{\log \%_2 - \log \%_1} \cdot \log \%_x - \log \%_1 + D_1 \dots\dots (V)$$

Donde:

- Cu: Coeficiente de uniformidad
- Cc: Coeficiente de curvatura

3.4.6.2. Tierra: Ensayo de límite líquido

A. Referencia normativa

MTC E 110-2000, Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

B. Equipos y accesorios

- Cuchara de Casagrande
- Acanalador
- Recipiente de porcelana
- Balanza electrónica 0.01gr
- Cápsulas
- Horno

C. Procedimiento

- Pasar el suelo por el tamiz N°40 y del pasante se extrajo entre 150gr – 200gr.
- Colocar la muestra en un recipiente de porcelana. Añadir agua destilada entre 15ml – 20ml y con la ayuda de una espátula amasar y cortar en forma alternada y continua hasta obtener una mezcla pastosa y uniforme.
- Colocar la mezcla sobre la cazuela del aparato de Casagrande con ayuda de la espátula. Enrasar la mezcla.
- Con ayuda del acanalador cortar verticalmente la pasta por la mitad. Mediante el giro de la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo la cazuela se elevará y caerá, se anotaron el número de golpes hasta que las dos mitades llegaron a juntarse en el fondo de la ranura a lo largo de una distancia de 13mm o 0.5". Los golpes para cerrar la ranura deben estar dentro de los intervalos 15-25; 20-30 y 25-35.
- Extraer una porción de la pasta de la parte central y colocar en una cápsula rotulada con la codificación correspondiente. Registrar su peso y llevar al horno durante 24 horas.
- El proceso fue repetido 3 veces hasta lograr valores que estén en cada uno de los intervalos mencionados mediante la variación de agua.



Figura 12. Ensayo de límite líquido: Enrasado (izquierda) y Ranurado (derecha)

D. Cálculo

$$W = \frac{M_{CSW} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100$$

Dónde:

- W = Humedad (%)
- M_{CSW} = Masa cápsula + Masa suelo húmedo (g)
- M_{CS} = Masa cápsula + Masa suelo seco (g)
- M_C = Masa cápsula (g)

3.4.6.3. Tierra: Ensayo de límite plástico

A. Referencia normativa

MTC E 110-2000, Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

B. Equipos y accesorios

- Tamiz N°40
- Vidrio grueso esmerilado

- Balanza electrónica 0.01g
- Cápsulas
- Horno

C. Procedimiento

- Pasar el suelo por el tamiz N°40, del pasante se extrae 20g aproximadamente.
- Colocar la muestra en un recipiente de porcelana. Agregar agua destilada y amasar hasta que formar con facilidad una esfera con la mezcla.
- Moldear la mitad de la muestra en forma de elipsoide y luego rodar con los dedos, con una presión adecuada, sobre el vidrio esmerilado formando cilindros. El ensayo será correcto si el cilindro se desmorona cuando tenga un diámetro aproximado de 3.2mm o 1/8”.
- Colocar todas las partes de la muestra cilíndrica dentro de las cápsulas y pesarlas. Luego llevar al horno durante 24 horas y volver a pesar. Con los datos obtenidos calcular la humedad.



Figura 13. Ensayo de límite plástico: Formación de cilindros (derecha) y encapsulado (izquierda)

D. Cálculo

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=m}^n W_i}{n}$$

Dónde:

- \bar{X}_w = Promedio humedad (%)

- w_i = Humedad en cada muestra ensayada (%)
- n = Número de muestras ensayadas

3.4.6.4. Tierra: Proctor Estándar

A. Referencia normativa

MTC E 116-2000, Norma ASTM D-698 y AASHTO T-99

B. Equipos y accesorios

- Tamiz 3/4", 3/8" y N°4
- Molde cilíndrico de 4" con base de apoyo y collarín
- Probeta graduada de 500 cm³
- Pisón manual de masa 5.5 lbm y de caída libre 12"
- Regla metálica
- Balanza electrónica 0.1g
- Horno

C. Procedimiento

- Tamizar la muestra por las mallas N°4, 3/8" o 3/4" lo que nos dio como resultado que el Método A es el que se debe aplicar.
- Preparar cuatro especímenes del suelo tamizado, aproximadamente 2.3kg con contenidos cercanos al óptimo de humedad entre secos y húmedos con variaciones de 2% de agua.
- Pesarse y anotar la masa del molde. Ensamblar y asegurar el molde y collarín a la base.
- Compactar el suelo en tres capas de la misma altura, cada capa con 25 golpes para el molde de 4".
- Remover el collarín y la base y con mucho cuidado enrasar la muestra compactada.
- Pesarse y anotar el valor de la masa compactada conjuntamente con el molde.
- Extraer y pesar una porción de la muestra compactada y se calculó su humedad.



Figura 14. Ensayo de Proctor estándar: Equipos y materiales

D. Cálculo

$$W = \frac{M_{CSW} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 \dots\dots (I)$$

Dónde:

- W = Humedad (%)
- M_{CSW} = Masa cápsula + Masa suelo húmedo (g)
- M_{CS} = Masa cápsula + Masa suelo seco (g)
- M_C = Masa cápsula (g)

$$\rho_m = \frac{M_{RSW} - M_R}{V_R} \dots\dots (II)$$

Dónde:

- ρ_m = Densidad húmeda del espécimen (g/cm^3)
- M_{RSW} = Masa del molde + Masa del suelo compactado (g)
- M_R = Masa del molde (g)
- V_R = Volumen del molde (cm^3)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1+W} \dots\dots (III)$$

Dónde:

- ρ_d = Densidad seca del espécimen (g/cm³)
- ρ_m = Densidad húmeda del espécimen (g/cm³)
- W = Humedad (%)

3.4.6.5. Mucílago de Nopal: Viscosidad

A. Referencia normativa

Ley de Stokes

B. Equipos y accesorios

- Probeta graduada de 1000 cm³
- Esfera sólida pequeña
- Cronómetro
- Balanza electrónica 0.01g
- Regla metálica
- Vernier

C. Procedimiento

- Calcular la densidad de la esfera sólida
- Calcular la densidad del mucílago de nopal
- Calcular el mucílago en la probeta graduada hasta la altura de 15 cm. Dejar caer de esa altura la esfera y con el cronómetro determinar el tiempo que tarda en tocar la base del recipiente.
- Con la altura y el tiempo calcular la velocidad de la esfera.
- Con los datos obtenidos calcular la viscosidad del líquido mediante la ley de Stokes.

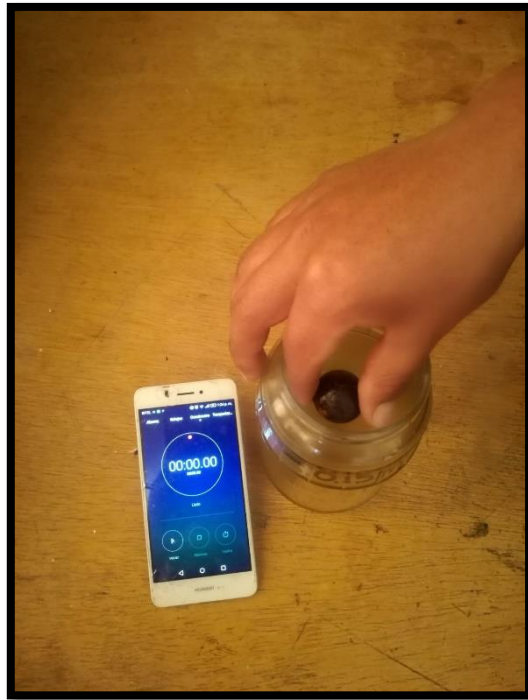


Figura 15. Ensayo de Viscosidad a mucílago de nopal: Equipos y materiales

D. Cálculo

$$\rho = \frac{M}{Vol} \dots\dots (I)$$

Dónde:

- ρ = Densidad (g/cm³)
- M = Masa (g)
- Vol = Volumen (cm³)

$$V = \frac{D}{T} \dots\dots (II)$$

Dónde:

- V = Velocidad (cm/s)
- D = Distancia (cm)
- T = Tiempo (s)

$$v = \frac{2(\rho_{esf} - \rho_{liq}) \cdot g \cdot r^2}{9 \cdot \eta_{esf}} \dots\dots (III)$$

Dónde:

- ν = Viscosidad (poise)
- ρ_{esf} = Densidad de la esfera (g/cm³)
- ρ_{liq} = Densidad del mucílago (g/cm³)
- g = gravedad (cm/s²)
- V_{esf} = Velocidad de la esfera (cm/s)

3.4.6.6. BTC: Variación dimensional

A. Referencia normativa

NTP 399.613 y 399.604

B. Equipos y accesorios

- Vernier
- Brocha

C. Procedimiento

- Con el uso de la brocha limpiar cada una de las unidades de albañilería.
- Medir las tres dimensiones del ladrillo desde los puntos medios de los bordes que limitan las caras lo que nos darán cuatro valores por cada dimensión.
- Promediar los valores para obtener uno por cada dimensión.



Figura 16. Ensayo de variación dimensional de BTC

D. Cálculo

$$V = \frac{\delta}{D_p} \times 100$$

Dónde:

- V = Variación de dimensión (%)
- δ = Dispersión de resultados (cm)
- D_p = Dimensión promedio (cm)

3.4.6.7. BTC: Alabeo

A. Referencia normativa

NTP 399.613 y 399.604

B. Equipos y accesorios

- Regla metálica de 30cm
- Cuña de medición con divisiones de 1mm
- Brocha

C. Procedimiento

- Posicionar el ladrillo por la cara de asentado sobre una superficie totalmente horizontal.
- Colocar la regla sobre los dos vértices diagonalmente opuestos de la cara superior, luego introducir la cuña donde se observó la concavidad en la superficie.

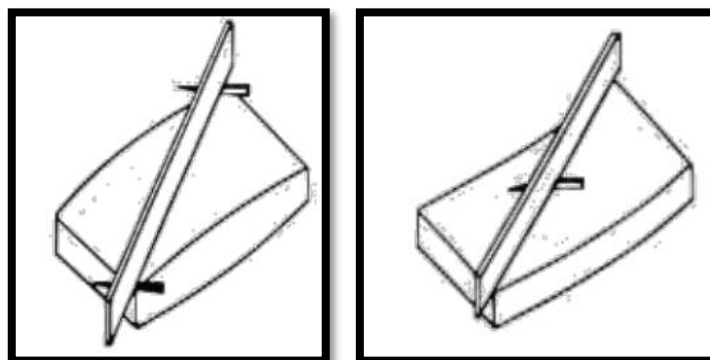


Figura 17. Ensayo de alabeo: Medición de convexidad (izquierda) y Medición de concavidad (derecha)

Fuente: NTP 399.613

3.4.6.8. BTC: Absorción

A. Referencia normativa

NTP 399.613 y 399.604

B. Equipos y accesorios

- Balanza electrónica 0.01g
- Poza de curado
- Franela
- Horno

C. Procedimiento

- Llevar los especímenes a un horno durante 24 horas para luego pesarlas.
- Sumergir los especímenes en la poza que previamente fueron llenadas por el tiempo de 24 horas. El agua deberá tener una temperatura entre 15°C y 30 °C durante el ensayo.
- Transcurrido el tiempo retirar las unidades del agua y secar superficialmente con una franela. Registrar el peso de cada uno durante los 5 minutos posteriores a su retiro.



Figura 18. Ensayo de Absorción: Pesaje de espécimen saturado

D. Cálculo

$$A = \frac{M_H - M_S}{M_S} \times 100$$

Dónde:

- A = Absorción de agua (%)
- M_H = Masa del espécimen saturado (g)
- M_S = Masa del espécimen seco (g)

3.4.6.9. BTC: Resistencia a la compresión

A. Referencia normativa

NTP 300.604

B. Equipos y accesorios

- Máquina de ensayo de resistencia a la compresión
- Vernier
- Planchas de acero
- Neopreno

C. Procedimiento

- Tomar las medidas de las caras de mayor dimensión tanto superior e inferior para calcular la resistencia máxima.
- Como refrendado utilizar planchas de neopreno y para uniformizar la carga utilizar planchas de acero.
- Colocar el espécimen dentro de la máquina de compresión para realizar el ensayo.
- Una vez culminado el ensayo anotar el valor mostrado en la máquina y posteriormente realizar la corrección pertinente.



Figura 19. Ensayo de Resistencia a la compresión: Unidad (izquierda); Pila (derecha)

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó instrumentos de pruebas estandarizadas para recolectar datos del suelo y BTC. Estos fueron:

A. Ensayos de laboratorio para el suelo

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Proctor estándar

B. Ensayos en laboratorio para el BTC

- Variación dimensional
- Alabeo
- Absorción
- Resistencia a la compresión de unidades
- Resistencia a la compresión de pilas

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

A continuación se presentan los resultados de los ensayos hechos a los BTC en sus diferentes dosificaciones de mucílago de nopal.

4.1.1. Resultado del Análisis granulométrico

Procesando los datos del tamizaje tenemos los siguientes resultados:

Tabla 3. Datos y resultado del Ensayo de granulometría

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA
COMPRESIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019**

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 01
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 25/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

MTC E 107 – 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

Peso inicial: 2000g

MALLAS ESTÁNDAR		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
Pulg.	Ø mm	0	0%	0%	100%
1"	25.40	0	0%	0%	100%
1/2"	12.70	0	0%	0%	100%
3/8"	9.53	0	0%	0%	100%
1/4"	6.35	3.20	0.16%	0.16%	99.84%
#4	4.76	17.30	0.87%	1.03%	98.98%
#8	2.38	50.70	2.54%	3.56%	96.44%
#10	2.00	419.34	20.97%	24.53%	75.47%
#16	1.19	266.51	13.33%	37.85%	62.15%
#20	0.84	201.31	10.07%	47.92%	52.08%
#30	0.59	153.89	7.69%	55.61%	44.39%
#40	0.43	164.20	8.21%	63.82%	36.18%
#50	0.30	123.68	6.18%	70.01%	29.99%
#60	0.25	150.49	7.52%	77.53%	22.47%
#80	0.18	86.91	4.35%	81.88%	18.12%
#100	0.15	89.11	4.46%	86.33%	13.67%
#200	0.07	171.57	9.32%	95.65%	4.35%
FONDO	-	101.79	4.35%	100.00%	0%
PESO TOTAL		2000.00			

4.1.2. Resultados de los límites de Atterberg

Se realizaron los ensayos de límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP), obteniéndose que el contenido de humedad para el LL fue de 21.65% (ver Tabla 4), para el LP fue de 17.62% (ver Tabla 5) y un IP de 4.03% (ver Tabla 6)

Tabla 4. Datos y resultado del ensayo de Límite líquido

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 02
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 26/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110-2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

DESCRIPCIÓN	N° 01	N° 02	N° 03
Peso cápsula (g)	28.57	21.32	21.19
Peso cápsula + muestra húmeda (g)	66.57	59.05	73.09
Peso cápsula + muestra seca (g)	59.98	52.59	64.29
Peso agua (g)	6.59	6.46	8.80
Peso muestra seca (g)	31.41	31.27	43.10
Contenido de humedad (%)	20.98	20.66	20.42
Número de golpes	17	23	35

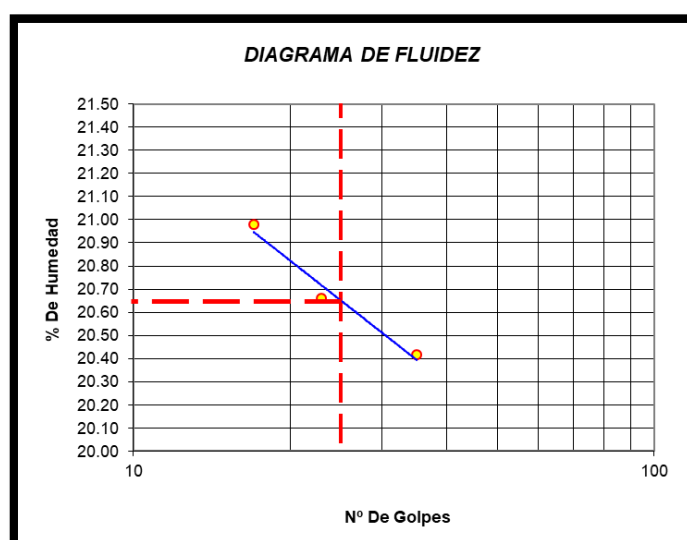


Tabla 5. Datos y resultado del ensayo de Límite plástico



Fuente: Propia

UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 03
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 26/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 110-2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	N° 01	N° 02	N° 03
Peso cápsula (gr)	21.50	28.71	22.65
Peso cápsula + muestra húmeda (gr)	48.70	64.17	47.00
Peso cápsula + muestra seca (gr)	44.24	59.38	43.35
Peso de agua (gr)	4.46	4.79	3.65
Peso muestra seca (gr)	22.74	30.67	20.70
Contenido de humedad	19.61	15.62	17.63
% Promedio	17.62		

Tabla 6. Resultado del Índice de plasticidad

Fuente: Propia

	LL	LP	IP
CONTENIDO DE HUMEDAD	21.65%	17.62%	4.03%

A partir de los ensayos de análisis granulométrico y límites de Atterberg clasificamos el suelo según el sistema SUCS y AASHTO:

A. Según Sistema SUCS:

Tabla 7. Granulometría de suelo.

Fuente: Propia

Granulometría	Valor
Grava	1.03%
Arena	94.63%
Fino	4.35%

- **Condición 1:** 4.35% es el porcentaje que pasa la malla N°200, ello es menos del 5%.

- **Condición 2:**

$$C_u = \frac{1.115}{0.119} = 9.37$$

- **Condición 3:**

$$C_c = \frac{0.297^2}{1.115 \times 0.119} = 0.66$$

DIVISIÓN MAYOR		NOMBRES TÍPICOS		CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO				
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @	MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA NÚMERO 200 @ Las partículas de 0.075 mm de diámetro (la malla No. 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS LIMPAS Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SUELOS: MENOS DEL 5% GP, G.S.W, SP; más del 12% GM, GC, SW, SC; Entre 5% y 12%: Casos de frontera que requieren uso de símbolos dobles **	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$	
			GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW. LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4	ARENAS LIMPAS Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
			ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		Cu = D_{60} / D_{10} mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW	
		PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
				SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @	Las partículas de 0.075 mm de diámetro (la malla No. 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML		Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arcillosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)
					CL		Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arcillosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
				LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
					MH		Limos inorgánicos, limos micáceos o diazóicos, más elásticos.	
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	CH			Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.				
	OH			Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.				
P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.							

Figura 20. Tabla de clasificación de suelos según SUCS

Fuente: <https://studylib.es/doc/8863139/tabla-clasificacion-sucs>

Tomando en cuenta los datos, el suelo clasifica como Arena mal graduada – SP.

B. Según Sistema AASHTO:

- **Condición 1:** 4.35% es el porcentaje que pasa la malla N°200, ello es menos del 35%.
- **Condición 2:**

$$LL = 21.65\% \text{ y } IP = 4.03\%$$

- **Condición 3:**

$$IG = 0.2(a) + 0.005(a)(c) + 0.01(b)(d)$$

$$IG = 0.2(0) + 0.005(0)(0) + 0.01(0)(0)$$

$$IG=0$$

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	35 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.	PLÁSTICO	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terrano de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre el LL e IP de los materiales limos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Figura 21. Tabla de clasificación de suelos según SUCS

Fuente: <https://vdocuments.site/clasificacion-de-suelos-segun-aashto-561812856ed4b.html>

Tomando en cuenta los datos, el suelo clasifica como Arena arcillosa o limosa A-2-4.

4.1.3. Resultados de Proctor Estándar

Se realizó el ensayo Proctor Estándar puesto que las unidades se compactaron con una máquina mecánica y el suelo es de buena calidad. El “Método A” fue el elegido puesto que el material retenido en la malla N°4 es 1.03% que es obviamente es menor a 20%.

A continuación se presenta el resultado:

Tabla 8. Datos y resultado del ensayo Proctor estándar



Fuente: Propia

UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 04
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 27/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO
RELACIÓN DENSIDAD – HUMEDAD

PROCTOR ESTÁNDAR

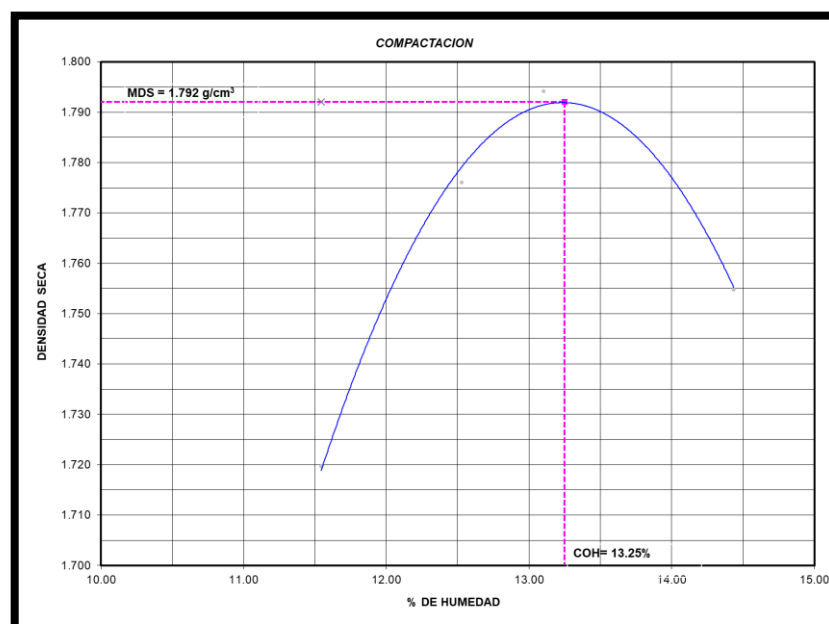
MTC E 116 – 2000, Basado en la Norma ASTM D-698 y AASHTO T-99

CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
Peso molde (gr)	54.72	53.97	55.22	56.16
Peso molde + muestra húmeda (gr)	171.64	172.36	182.04	190.29
Peso molde + muestra seca (gr)	159.54	159.18	167.35	173.37
Peso de agua (gr)	12.10	13.18	14.69	16.92
Peso muestra seca (gr)	104.8	105.2	112.10	117.20
Contenido de humedad (%)	11.54	12.53	13.10	14.44

DENSIDAD

DESCRIPCIÓN	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
Contenido de humedad (%)	11.54	12.53	13.10	14.44
Peso molde + muestra compactada (gr)	3825	3901	3930	3910
Peso molde (gr)	2015	2015	2015	2015
Peso muestra compactada (gr)	1810	1886	1915	1895
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.92	1.99	2.029	2.008
Densidad seca (gr/cm ³)	1.72	1.776	1.794	1.755



Densidad máxima (gr/cm ³)	1.792
Humedad óptima (%)	13.25

4.1.4. Resultados de Viscosidad

Se presentan los resultados del ensayo de viscosidad aplicado al mucílago de nopal.

Tabla 9. Datos y resultado del ensayo de Viscosidad

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 09
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 14/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VISCOSIDAD DEL MUCÍLAGO DE NOPAL

Muestra N°01

Descripción	esfera sólida	mucílago
masa (g)	5	994
radio (cm)	0.75	-
altura (cm)	15	-
tiempo (s)	0.58	-
volumen (cm ³)	1.766	750
VISCOSIDAD (poise)	7.138	

Muestra N°02

Descripción	esfera sólida	mucílago
masa (g)	5	993
radio (cm)	0.75	-
altura (cm)	15	-
tiempo (s)	0.62	-
volumen (cm ³)	1.766	750
VISCOSIDAD (poise)	7.638	

Muestra N°03

Descripción	esfera sólida	mucílago
masa (g)	5	994
radio (cm)	0.75	-
altura (cm)	15	-
tiempo (s)	0.61	-
volumen (cm ³)	1.766	750
VISCOSIDAD (poise)	7.508	

Viscosidad final

VISCOSIDAD (poise)	7.428
--------------------	-------

4.1.5. Resultados de Variación dimensional

Se presentan los resultados con los cálculos realizados.

Tabla 10. Datos y resultado del ensayo de Variación dimensional de BTC sin aditivo

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 06
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 28/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

BTC CON 0% DE MUCÍLAGO DE NOPAL							
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio (mm)	Nominal (mm)
1	Largo	251.24	251.25	251.25	251.24	251.25	250
	Ancho	126.65	126.64	126.63	126.65	126.64	125
	Altura	74.87	74.88	74.87	74.87	74.87	75
2	Largo	251.72	251.71	251.72	251.73	251.72	250
	Ancho	126.98	126.98	126.97	126.99	126.98	125
	Altura	75.24	75.25	75.24	75.25	75.25	75
3	Largo	251.16	251.18	251.15	251.16	251.16	250
	Ancho	125.92	125.92	125.93	129.92	126.92	125
	Altura	75.12	75.13	75.12	75.13	75.13	75
4	Largo	251.64	251.64	251.62	251.62	251.63	250
	Ancho	126.12	126.12	126.13	126.11	126.12	125
	Altura	76.78	76.78	76.78	76.79	76.78	75
5	Largo	251.9	251.91	251.91	251.92	251.91	250
	Ancho	126.78	126.77	126.77	126.76	126.77	125
	Altura	77.13	77.12	77.13	77.11	77.12	75
6	Largo	251.32	251.33	251.34	251.32	251.33	250
	Ancho	127.21	127.2	127.21	127.19	127.20	125
	Altura	76.47	76.47	76.46	76.47	76.47	75
7	Largo	251.61	251.62	251.63	251.6	251.62	250
	Ancho	126.55	126.56	126.56	126.56	126.56	125
	Altura	76.04	76.05	76.03	76.04	76.04	75
8	Largo	251.54	251.53	251.53	251.53	251.53	250
	Ancho	126.44	126.44	126.44	126.44	126.44	125
	Altura	75.89	75.87	75.88	75.88	75.88	75
9	Largo	251.24	251.24	251.23	251.23	251.24	250
	Ancho	127.29	127.29	127.28	127.29	127.29	125
	Altura	76.76	76.75	76.74	76.76	76.75	75
10	Largo	251.78	251.76	251.77	251.76	251.77	250
	Ancho	126.32	126.34	126.33	126.32	126.33	125
	Altura	76.91	76.91	76.92	76.91	76.91	75

	Promedio	δ	VD (%)
Largo	251.52	0.26	0.103
Ancho	126.74	0.38	0.300
Altura	76.12	0.81	1.064

Tabla 11. Datos y resultado del ensayo de Variación dimensional de BTC con 20% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 06
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 28/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL							
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio (mm)	Nominal (mm)
1	Largo	251.41	251.39	251.4	251.41	251.40	250
	Ancho	126.92	126.9	126.92	126.92	126.92	125
	Altura	75.65	75.66	75.65	75.67	75.66	75
2	Largo	251.07	251.08	251.07	251.08	251.08	250
	Ancho	126.81	126.81	126.81	126.82	126.81	125
	Altura	76.28	76.29	76.29	76.27	76.28	75
3	Largo	251.31	251.31	251.32	251.31	251.31	250
	Ancho	126.34	126.34	126.35	126.35	126.35	125
	Altura	77.88	77.87	77.88	77.88	77.88	75
4	Largo	251.53	251.54	251.53	251.52	251.53	250
	Ancho	126.07	126.07	126.08	126.08	126.08	125
	Altura	75.69	75.7	75.7	75.69	75.70	75
5	Largo	251.59	251.58	251.59	251.6	251.59	250
	Ancho	126.22	126.23	126.23	126.22	126.23	125
	Altura	76.12	76.1	76.11	76.11	76.11	75
6	Largo	251.35	251.36	251.34	251.35	251.35	250
	Ancho	126.41	126.4	126.4	126.41	126.41	125
	Altura	76.87	76.88	76.88	76.87	76.88	75
7	Largo	251.47	251.45	251.45	251.46	251.46	250
	Ancho	126.66	126.67	126.65	126.66	126.66	125
	Altura	77.54	77.53	77.53	77.54	77.54	75
8	Largo	251.26	251.26	251.27	251.27	251.27	250
	Ancho	126.02	126.02	126.03	126.01	126.02	125
	Altura	75.72	75.71	75.72	75.72	75.72	75
9	Largo	251.53	251.53	251.54	251.54	251.54	250
	Ancho	126.32	126.31	126.31	126.32	126.32	125
	Altura	76.02	76.03	76.02	76.03	76.03	75
10	Largo	251.12	251.1	251.11	251.11	251.11	250
	Ancho	126.69	126.7	126.7	126.7	126.70	125
	Altura	75.69	75.68	75.69	75.67	75.68	75

	Promedio	δ	VD (%)
Largo	251.36	0.18	0.071
Ancho	126.45	0.31	0.245
Altura	76.35	0.81	1.061

Tabla 12. Datos y resultado del ensayo de Variación dimensional de BTC con 40% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 06
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 28/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL							
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio (mm)	Nominal (mm)
1	Largo	250.77	250.76	250.77	250.76	250.77	250
	Ancho	125.92	125.93	125.92	125.92	125.92	125
	Altura	74.32	74.33	74.33	74.33	74.33	75
2	Largo	251.67	251.66	251.67	251.65	251.66	250
	Ancho	126.49	126.49	126.49	126.5	126.49	125
	Altura	76.9	76.9	76.9	76.91	76.90	75
3	Largo	250.88	250.87	250.88	250.86	250.87	250
	Ancho	125.98	125.99	125.98	125.98	125.98	125
	Altura	75.23	75.24	75.22	75.23	75.23	75
4	Largo	250.96	250.97	250.95	250.97	250.96	250
	Ancho	126.01	126.01	126.02	126.01	126.01	125
	Altura	76.67	76.67	76.65	76.67	76.67	75
5	Largo	251.21	251.2	251.22	251.21	251.21	250
	Ancho	126.25	126.23	126.25	126.24	126.24	125
	Altura	76.07	76.06	76.07	76.07	76.07	75
6	Largo	251.11	251.11	251.1	251.11	251.11	250
	Ancho	126.39	126.39	126.39	126.38	126.39	125
	Altura	75.75	75.76	75.76	75.75	75.76	75
7	Largo	251.01	251	251.02	251.01	251.01	250
	Ancho	126.11	126.11	126.1	126.12	126.11	125
	Altura	74.89	74.88	74.89	74.9	74.89	75
8	Largo	250.88	250.87	250.88	250.86	250.87	250
	Ancho	126.09	126.08	126.09	126.08	126.09	125
	Altura	75.67	75.66	75.67	75.67	75.67	75
9	Largo	251.44	251.42	251.42	251.42	251.43	250
	Ancho	125.97	125.96	125.97	125.98	125.97	125
	Altura	76.83	76.82	76.83	76.82	76.83	75
10	Largo	251.65	251.66	251.65	251.67	251.66	250
	Ancho	126.22	126.23	126.22	126.21	126.22	125
	Altura	76.79	76.78	76.79	76.8	76.79	75

	Promedio	δ	VD (%)
Largo	251.16	0.33	0.131
Ancho	126.14	0.19	0.151
Altura	75.91	0.90	1.190

Tabla 13. Datos y resultado del ensayo de Variación dimensional de BTC con 60% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 06
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 28/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL							
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio (mm)	Nominal (mm)
1	Largo	250.61	250.61	250.62	250.61	250.61	250
	Ancho	125.78	125.79	125.78	125.78	125.78	125
	Altura	74.5	74.51	74.51	74.5	74.51	75
2	Largo	251.13	251.12	251.13	251.14	251.13	250
	Ancho	126.84	126.83	126.84	126.83	126.84	125
	Altura	76.6	76.61	76.6	76.61	76.61	75
3	Largo	250.86	250.87	250.88	250.86	250.87	250
	Ancho	125.91	125.9	125.9	125.92	125.91	125
	Altura	74.89	74.9	74.89	74.89	74.89	75
4	Largo	251.07	251.06	251.06	251.07	251.07	250
	Ancho	126.35	126.34	126.35	126.33	126.34	125
	Altura	75.32	75.31	75.32	75.31	75.32	75
5	Largo	250.82	250.83	250.82	250.83	250.83	250
	Ancho	126.71	126.72	126.73	126.73	126.72	125
	Altura	76.11	76.11	76.12	76.11	76.11	75
6	Largo	251.04	251.03	251.03	251.03	251.03	250
	Ancho	126.32	126.33	126.32	126.33	126.33	125
	Altura	76.51	76.5	76.51	76.49	76.50	75
7	Largo	250.9	250.89	250.9	250.91	250.90	250
	Ancho	126.12	126.11	126.12	126.11	126.12	125
	Altura	75.54	75.55	75.54	75.55	75.55	75
8	Largo	250.78	250.79	250.78	250.77	250.78	250
	Ancho	125.95	125.96	125.95	125.94	125.95	125
	Altura	76.32	76.31	76.32	76.31	76.32	75
9	Largo	250.97	250.96	250.97	250.98	250.97	250
	Ancho	126.02	126.01	126.02	126.01	126.02	125
	Altura	76.03	76.02	76.01	76.02	76.02	75
10	Largo	251.12	251.11	251.11	251.11	251.11	250
	Ancho	126.54	126.53	126.54	126.53	126.54	125
	Altura	75.32	75.3	75.31	75.32	75.31	75

	Promedio	δ	VD (%)
Largo	250.93	0.16	0.064
Ancho	126.26	0.36	0.285
Altura	75.71	0.71	0.938

4.1.6. Resultados de Alabeo

Se presentan los resultados del ensayo de alabeo en los BTC con las diferentes dosificaciones de mucílago de nopal.

Tabla 14. Datos y resultado del ensayo de Alabeo de BTC sin aditivo



Fuente: Propia
UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 07
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 29/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ALABEO

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	CÓNCAVO (mm)		CONVEXO (mm)	
		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
BTC CON 0% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	1.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	1.00	0.00	0.00	0.00
	4	1.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	1.00	0.00	0.00	0.00
	8	1.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO (mm)		0.50		0.00	

Tabla 15. Datos y resultado del ensayo de Alabeo de BTC con 20% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
 ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 07
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 29/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ALABEO

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	CÓNCAVO (mm)		CONVEXO (mm)	
		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
BTC CON 20% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1.00	0.00	0.00	0.00
	3	1.00	0.00	0.00	0.00
	4	1.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	1.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	1.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO (mm)		0.50		0.00	

Tabla 16. Datos y resultado del ensayo de Alabeo de BTC con 40% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 07
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 29/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ALABEO

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	CÓNCAVO (mm)		CONVEXO (mm)	
		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
BTC CON 40% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	1.00	0.00	0.00	0.00
	2	1.00	0.00	0.00	0.00
	3	1.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	1.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO (mm)		0.40		0.00	

Tabla 17. Datos y resultado del ensayo de Alabeo de BTC con 60% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 07
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 29/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ALABEO

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	CÓNCAVO (mm)		CONVEXO (mm)	
		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
BTC CON 60% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	1.00	0.00	0.00	0.00
	5	1.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	1.00	0.00	0.00	0.00
	10	1.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO (mm)		0.40		0.00	

Según la Norma Técnica E 070 Albañilería, basados en el alabeo todos los BTC con las diferentes dosificaciones de mucílago de nopal cumplen como Ladrillo I, Ladrillo II, Ladrillo III, Ladrillo IV, Ladrillo V, Bloque P y Bloque NP.

4.1.7. Resultados de Absorción

Se presentan los resultados del ensayo de absorción en los BTC con las diferentes dosificaciones de mucílago de nopal.

Tabla 18. Datos y resultados del ensayo de Absorción

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA
COMPRESA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 08
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 30/11/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ABSORCIÓN

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	PESO SECO (Kg)	PESO SATURADO (Kg)	%ABSORCIÓN
BTC CON 0% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	3381.75	3876.92	14.64
	2	3558.2	3956.29	11.19
	3	3581.38	3936.12	9.91
	4	3389.47	3965.31	16.99
	5	3383.77	3839.85	13.48
			PROMEDIO	13.24
BTC CON 20% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	3317.81	3847.92	15.98
	2	3299.44	3899.74	18.19
	3	3447.98	4018.89	16.56
	4	3222.8	3859.47	19.76
	5	3173.22	3815.91	20.25
			PROMEDIO	18.15
BTC CON 40% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	3487.63	3855.19	10.54
	2	3364.4	3931.79	16.86
	3	3322.89	3855.89	16.04
	4	3351.74	3810.81	13.70
	5	3394.49	3858.32	13.66
			PROMEDIO	14.16
BTC CON 60% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	3621.24	4004.68	10.59
	2	3485.86	3919.04	12.43
	3	3769.45	4085.49	8.38
	4	3520.5	3934.42	11.76
	5	3561.57	3901.06	9.53
			PROMEDIO	10.54

4.1.8. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de unidades (f'b)

Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de unidades en los BTC con las diferentes dosificaciones de mucílago de nopal.

Tabla 19. Datos y resultado del ensayo de Resistencia a la compresión (f'b) de BTC sin aditivo

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 09
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 02/12/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 0% DE MUCÍLAGO DE NOPAL					
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	FUERZA (Kg-f)	fb(Kg-f/cm ²)
1	25.18	12.73	320.54	7710	24.05
2	25.13	12.60	316.64	8340	26.34
3	25.12	12.65	317.77	7350	23.13
4	25.11	12.65	317.64	8020	25.25
5	25.10	12.61	316.51	7524	23.77
PROMEDIO f'b					23.91
δ					1.28
f'b (Kg-f/cm ²)					22.63

Tabla 20. Datos y resultado del ensayo de Resistencia a la compresión (f^b) de BTC con 20% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 09
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 02/12/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL					
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	FUERZA (Kg-f)	f ^b (Kg-f/cm ²)
1	25.15	12.59	316.64	5230.00	16.52
2	25.16	12.61	317.27	4260.00	13.43
3	25.15	12.65	318.15	4460.00	14.02
4	25.13	12.60	316.64	4128.00	13.04
5	25.11	12.67	318.14	5178.00	16.28
PROMEDIO f ^b					14.66
δ					1.63
f ^b (Kg-f/cm ²)					13.03

Tabla 21. Datos y resultado del ensayo de Resistencia a la compresión (f^b) de BTC con 40% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 09
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 02/12/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL					
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	FUERZA (Kg-f)	f ^b
1	25.09	12.59	315.88	5320.00	16.84
2	25.17	12.60	317.14	5960.00	18.79
3	25.10	12.64	317.26	6590.00	20.77
4	25.08	12.65	317.26	6079.00	19.16
5	25.08	12.63	316.76	5841.00	18.44
PROMEDIO f ^b					18.80
δ					1.41
f ^b (Kg-f/cm ²)					17.31

Tabla 22. Datos y resultado del ensayo de Resistencia a la compresión (f_b) de BTC con 60% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 09
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 02/12/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL					
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	FUERZA (Kg-f)	f _b
1	25.09	12.67	317.89	11420.00	35.92
2	25.06	12.68	317.76	10740.00	33.80
3	25.08	12.65	317.26	8820.00	27.80
4	25.09	12.63	316.89	10710.00	33.80
5	25.11	12.58	315.88	9850.00	31.18
PROMEDIO f _b					32.50
δ					3.12
f _b					29.38

4.1.9. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión en pilas ($f'm$)

Se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas en los BTC con las diferentes dosificaciones de mucílago de nopal.

Tabla 23. Datos y resultado del ensayo de Resistencia a la compresión axial de pilas ($f'm$) de BTC sin aditivo

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019	
Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 10
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 03/12/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 0% DE MUCÍLAGO DE NOPAL						
MUESTRA	ÁREA (cm ²)	P _{máx} (Kg-f)	f _m (Kg/cm ²)	ESBELTEZ (H/E)	COEFICIENTE ©	f _m corregido (Kg/cm ²)
1	316.52	3500.00	11.06	1.81	0.703	7.77
2	317.83	3020.00	9.50	1.80	0.702	6.67
3	317.78	3080.00	9.69	1.81	0.703	6.81
PROMEDIO $f'm$						7.09
δ						0.60
$f'm$ (Kg/cm ²)						6.49
F _m (Kg/cm ²)						1.62

Tabla 24. Datos y resultado del ensayo de Resistencia a la compresión axial de pilas (f'm) de BTC con 20% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 10
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 03/12/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL						
MUESTRA	ÁREA (cm ²)	P _{máx} (Kg-f)	f _m (Kg/cm ²)	ESBELTEZ (H/E)	COEFICIENTE (C)	f _m corregido (Kg/cm ²)
1	317.17	2020.00	6.37	1.83	0.706	4.50
2	318.21	1520.00	4.78	1.83	0.706	3.37
3	316.60	1500.00	4.74	1.81	0.703	3.33
PROMEDIO f _m						3.73
δ						0.66
f _m (Kg/cm ²)						3.07
f _m (Kg/cm ²)						0.77

Tabla 25. Datos y resultado del ensayo de Resistencia a la compresión axial de pilas (f'_m) de BTC con 40% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 10
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 03/12/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL						
MUESTRA	ÁREA (cm ²)	P _{máx} (Kg-f)	f _m (Kg/cm ²)	ESBELTEZ (H/E)	COEFICIENTE (C)	f _m corregido (Kg/cm ²)
1	317.04	2260.00	7.13	1.81	0.703	5.01
2	317.38	3740.00	11.78	1.81	0.703	8.28
3	317.20	2680.00	8.45	1.80	0.702	5.93
PROMEDIO f'_m						6.41
δ						1.69
f'_m (Kg/cm ²)						4.72
f _m (Kg/cm ²)						1.18

Tabla 26. Datos y resultado del ensayo de Resistencia a la compresión axial de pilas (f'_m) de BTC con 60% de mucílago de nopal

Fuente: Propia



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 10
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 03/12/19

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL						
MUESTRA	ÁREA (cm ²)	P _{máx} (Kg-f)	f _m (Kg/cm ²)	ESBELTEZ (H/E)	COEFICIENTE (C)	f _m corregido (Kg/cm ²)
1	317.87	9200	28.94	1.79	0.700	20.26
2	317.21	10460	32.97	1.79	0.703	23.18
3	316.84	8460	26.70	1.81	0.703	18.77
PROMEDIO f'_m						20.74
δ						2.24
f'_m (Kg/cm ²)						18.50
f_m (Kg/cm ²)						4.63

4.3. Prueba de hipótesis

Una vez obtenidos los resultados cuantitativos de los ensayos se desarrollaron las pruebas de hipótesis y/o el análisis estadístico por cada uno de ellos.

4.3.1. Variación Dimensional

La variable Variación Dimensional presenta un dato por cada dimensión haciendo un total de cuatro datos tomando en cuenta las cuatro dosificaciones. Por ser una cantidad mínima de datos no fue necesario el uso de pruebas de hipótesis sino bastó con la comparación los valores promedio:

Tabla 27. Resultados de Variación dimensional de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de Nopal

Fuente: Propia

	BTC con 0% Mucílago	BTC con 20% Mucílago	BTC con 40% Mucílago	BTC con 60% Mucílago
Largo	0.10%	0.07%	0.13%	0.06%
Ancho	0.30%	0.25%	0.15%	0.29%
Altura	1.06%	1.06%	1.19%	0.94%

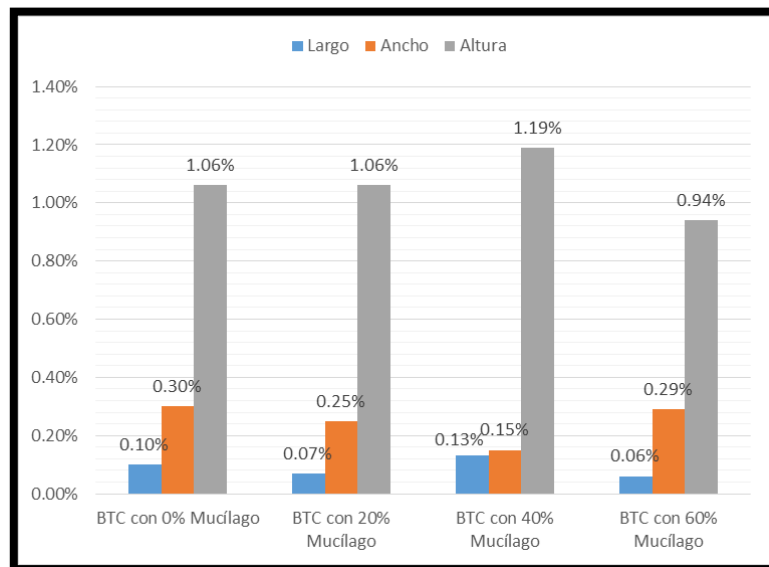


Figura 22. Histograma de los resultados de Variación dimensional de los BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de nopal

Fuente: Propia

4.3.2. Alabeo

La variable Alabeo presenta datos insignificantes y de casi nula o nula variación entre las dosificaciones por ello no fue necesario el uso de pruebas de hipótesis.

Tabla 28. Resultados del Alabeo de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de Nopal

Fuente: Propia

	BTC con 0% Mucílago	BTC con 20% Mucílago	BTC con 40% Mucílago	BTC con 60% Mucílago
CONCAVIDAD (mm)	0.50	0.50	0.40	0.40

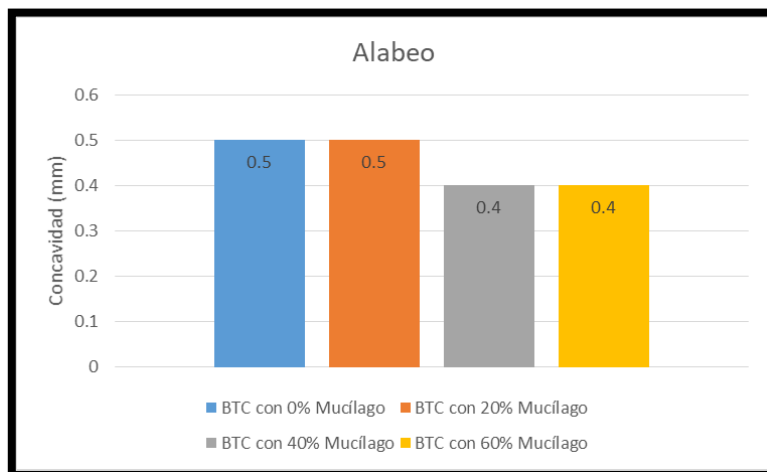


Figura 23. Histograma de los resultados del Alabeo de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de nopal

Fuente: Propia

4.3.3. Absorción

4.3.3.1. Prueba de normalidad

Tabla 29. Prueba de normalidad a los resultados de Absorción de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de Nopal

Fuente: Propia

	SHAPIRO - WILK		
	Estadístico	GL	Valor p
BTC con 0% Mucílago	0.978	5	0.922
BTC con 20% Mucílago	0.915	5	0.500
BTC con 40% Mucílago	0.935	5	0.629
BTC con 60% Mucílago	0.971	5	0.879

- **Planteamiento de hipótesis estadística:**

Ho: La variable “absorción” tiene distribución normal

H1: La variable “absorción” no tiene distribución normal

- **Nivel de significación:**

$\alpha=0.05$

- **Regla de decisión:**

“valor p” $\leq \alpha$, rechace la Ho

“valor p” $> \alpha$, acepte la Ho

- **Toma de decisión:**

Debido a que el “valor p”, para todas las dosificaciones, es mayor a 0.05 se asume que la variable “absorción” sigue una distribución normal. Por lo tanto se utilizarán pruebas paramétricas.

4.3.3.2. Prueba Anova

Tabla 30. Prueba Anova unifactorial a los resultados de Absorción de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de Nopal

Fuente: Propia

	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Significancia
Entre grupos	148948	3	49649	9.837	0.001
Dentro de grupos	80751	16	5047		
Total	229699	19			

- **Planteamiento de hipótesis estadística:**

Ho: Las medias de los grupos son iguales

H1: Las medias de los grupos son diferentes

- **Nivel de significación:**

$\alpha=0.05$

- **Regla de decisión:**

“valor p” $\leq \alpha$, rechace la Ho

“valor p” $> \alpha$, acepte la Ho

- **Toma de decisión:**

Debido a que el “valor p” es menor a 0.05 se asume que las medias de los grupos son diferentes.

4.3.3.3. Comparación de promedios

Los datos al seguir una distribución normal pueden compararse por la media.

A continuación se presenta la gráfica:

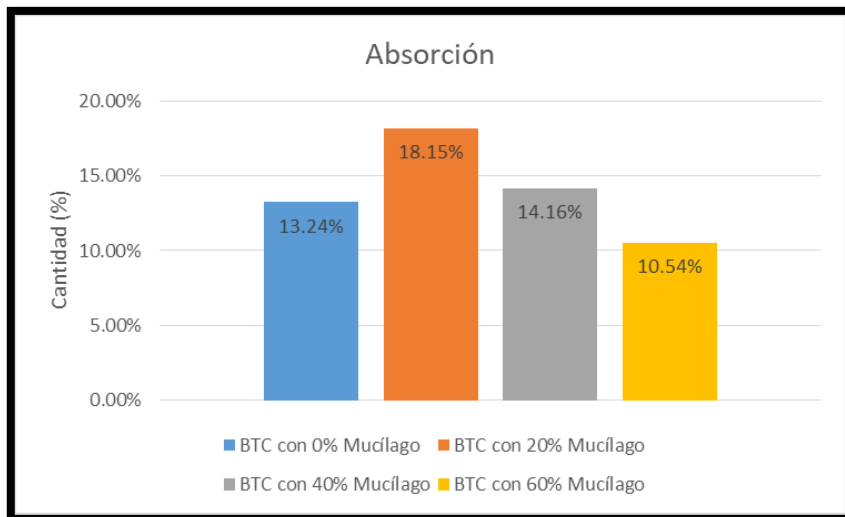


Figura 24. Histograma de los resultados promedio del ensayo de absorción de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de nopal

Fuente: Propia

4.3.4. Resistencia a la compresión de unidades (f^b)

4.3.4.1. Prueba de normalidad

Tabla 31. Prueba de normalidad a los resultados de Resistencia a la compresión de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de Nopal

Fuente: Propia

	SHAPIRO - WILK		
	Estadístico	GL	Valor p
BTC con 0% Mucílago	0.946	5	0.706
BTC con 20% Mucílago	0.847	5	0.185
BTC con 40% Mucílago	0.972	5	0.890
BTC con 60% Mucílago	0.934	5	0.626

- **Planteamiento de hipótesis estadística:**

Ho: La variable “resistencia a la compresión de unidades” tiene distribución normal

H1: La variable “resistencia a la compresión de unidades” no tiene distribución normal

- **Nivel de significación:**

$\alpha=0.05$

- **Regla de decisión:**

“valor p” $\leq \alpha$, rechace la Ho

“valor p” $> \alpha$, acepte la Ho

- **Toma de decisión:**

Debido a que el “valor p”, para todas las dosificaciones, es mayor a 0.05 se asume que la variable “resistencia a la compresión de unidades” sigue una distribución normal. Por lo tanto se utilizarán pruebas paramétricas.

4.3.4.2. Prueba Anova

Tabla 32. Prueba Anova unifactorial a los resultados de Resistencia a la compresión de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de Nopal

Fuente: Propia

	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Significancia
Entre grupos	148948	3	49649	9.837	0.001
Dentro de grupos	80751	16	5047		
Total	229699	19			

- **Planteamiento de hipótesis estadística:**

Ho: Las medias de los grupos son iguales

H1: Las medias de los grupos son diferentes

- **Nivel de significación:**

$\alpha=0.05$

- **Regla de decisión:**

“valor p” $\leq \alpha$, rechace la Ho

“valor p” $> \alpha$, acepte la Ho

- **Toma de decisión:**

Debido a que el “valor p” es menor a 0.05 se asume que las medias de los grupos son diferentes.

4.3.4.3. Comparación de promedios

Los datos al seguir una distribución normal pueden compararse por la media. A continuación se presenta la gráfica:

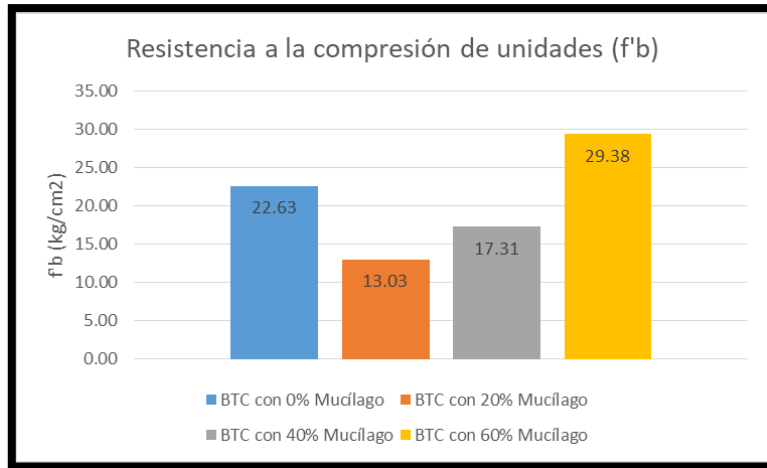


Figura 25. Histograma de los resultados promedio del ensayo de Resistencia a la compresión de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de nopal

Fuente: Propia

4.3.5. Resistencia a la compresión axial de pilas (f'm)

4.3.5.1. Prueba de normalidad

Tabla 33. Prueba de normalidad a los resultados de Resistencia a la compresión axial de pilas de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de Nopal

Fuente: Propia

	SHAPIRO - WILK		
	Estadístico	GL	Valor p
BTC con 0% Mucílago	0.844	3	0.224
BTC con 20% Mucílago	0.776	3	0.058
BTC con 40% Mucílago	0.940	3	0.528
BTC con 60% Mucílago	0.966	3	0.647

- **Planteamiento de hipótesis estadística:**

Ho: La variable “resistencia a la compresión axial de pilas” tiene distribución normal

H1: La variable “resistencia a la compresión axial de pilas” no tiene distribución normal

- **Nivel de significación:**

$\alpha=0.05$

- **Regla de decisión:**

“valor p” $\leq \alpha$, rechace la Ho

“valor p” $> \alpha$, acepte la Ho

- **Toma de decisión:**

Debido a que el “valor p”, para todas las dosificaciones, es mayor a 0.05 se asume que la variable “resistencia a la compresión axial de pilas” sigue una distribución normal. Por lo tanto se utilizarán pruebas paramétricas.

4.3.5.2. Prueba Anova

Tabla 34. Prueba Anova unifactorial a los resultados de Resistencia a la compresión axial de pilas de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de Nopal

Fuente: Propia

	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Significancia
Entre grupos	524777	3	174926	80650	0.000
Dentro de grupos	17352	8	2169		
Total	542129	11			

- **Planteamiento de hipótesis estadística:**

Ho: Las medias de los grupos son iguales

H1: Las medias de los grupos son diferentes

- **Nivel de significación:**

$\alpha=0.05$

- **Regla de decisión:**

“valor p” $\leq \alpha$, rechace la Ho

“valor p” $> \alpha$, acepte la Ho

- **Toma de decisión:**

Debido a que el “valor p” es menor a 0.05 se asume que las medias de los grupos son diferentes.

4.3.5.3. Comparación de promedios

Los datos al seguir una distribución normal pueden compararse por la media. A continuación se presenta la gráfica:

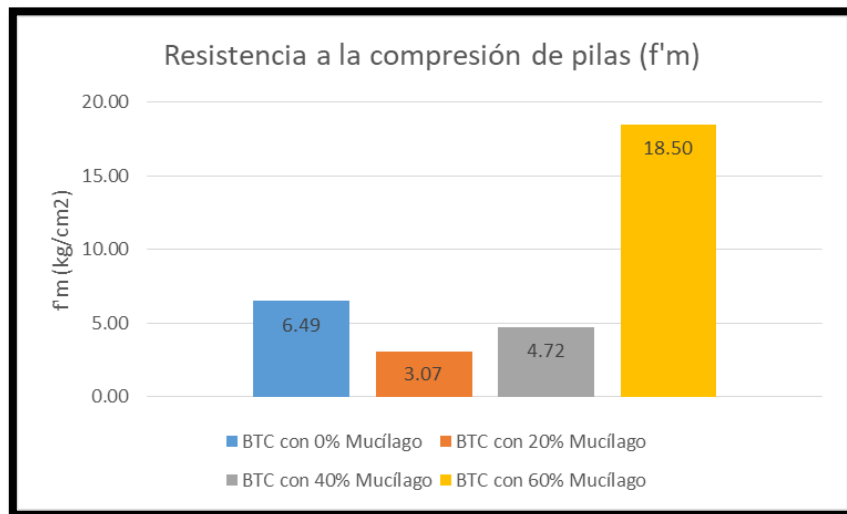


Figura 26. Histograma de los resultados promedio del ensayo de Resistencia a la compresión axila de pilas de BTC con diferentes dosificaciones de mucílago de nopal

Fuente: Propia

4.4. Discusión de resultados

Discusión N°01

Para la obtención del mucílago de nopal fue importante la elección de cladios frescos por la cantidad de mucílago que poseen, también fue importante la relación 1:1 (nopál:agua) conjuntamente con el método de filtración por el grado de viscosidad del mucílago tal como lo sostienen Quintana y Vera (2017) y Bulnes (2018). No obstante el método más recomendable es la centrifugación - evaporación utilizada por Aranda y Juárez (2013) por la mayor concentración y por estado sólido del mucílago que posteriormente facilita la mezcla con los otros materiales.

Discusión N°02

El suelo A-2-4 de la cantera Chongos Bajo utilizado en esta investigación guarda relación con lo expresado por Toirac referente a que este es el suelo ideal y óptimo para fabricar BTC (2008,p. 15). En los antecedentes que tiene como variable al BTC no especifican el tipo de suelo que utilizaron para su fabricación.

Discusión N°03

La elección de los porcentajes de sustitución de mucílago de nopal por agua 0%, 20%, 40% y 60% se decidieron por dos motivos: la viscosidad del fluido y la máquina mezcladora. La viscosidad del mucílago en un máximo de 60% de reemplazo de agua permite la mezcla uniforme de los materiales, pasado ello se forman pequeñas esferas endurecidas que aglutinan el cemento y restan agua a la mezcla.

En las tesis citadas no especifican la forma y/o el equipo utilizado para la mezcla de los materiales en la fabricación de BTC. En otros contextos utilizan mezcladoras de eje vertical, lo cual sería una sugerencia para que no se formen estas esferas o en su defecto se disminuyan.

Discusión N°04

Se puede afirmar que el mucílago de nopal si influye significativamente en la variación dimensional y alabeo de BTC. Las dimensiones aumentaron y disminuyeron sin seguir un patrón definido sin embargo podemos notar que los BTC con 60% de mucílago tiene una variación menor respecto a la muestra control. El alabeo como promedio es mínimo en todas las muestras pasando de 0.05mm de concavidad en las muestras control y con 20% de mucílago de nopal a 0.04mm en las muestra con 40% y 60% de mucílago de nopal.

Las investigaciones de Aranda y Suarez (2013), Aranda y García (2016) que tienen como variable al BTC no realizaron estos ensayos, ello se debería a la máquina de compresión utilizada ya que al ser un equipo con un molde definido que ejerce gran presión las unidades no tiene oportunidad de variación.

Discusión N°05

Se puede afirmar que el mucílago de nopal si influye significativamente en la absorción de agua por los BTC. Se observó que la absorción promedio de la muestra control fue de 13%, asciende al valor de 18.15% en las muestras de BTC con 20% de mucílago para luego disminuir a 14.16% en las muestras de BTC con 40% de mucílago y volver a disminuir a 10.54% en las muestras de BTC con 60% de mucílago.

Está en concordancia con la investigación de Quintana y Vera (2017) aunque la absorción en los adobes con 0% y 25% de mucílago de nopal no se pudieron evaluar se observa que en las muestras con 75% de mucílago de nopal el valor promedio fue de 8.30% y con 100% de mucílago de nopal disminuyó a 5.39%.

La explicación a la disminución de la absorción podría explicarse por la reducción de la porosidad ocasionada por la adición de mucílago de nopal o por la inhibición producida por las partículas recubiertas con mucílago.

Discusión N°06

Se puede afirmar que el mucílago de nopal si influye significativamente en la resistencia la compresión de los BTC. El promedio de la resistencia a la

compresión de unidades ($f'b$) de la muestra control es 22.63 kg/cm², en los BTC con 20% de mucílago de nopal disminuyó a 13.03 kg/cm², para los BTC con 40% de mucílago de nopal ascendió a 17.31 kg/cm² y finalmente en los BTC con 60% de mucílago de nopal el promedio fue de 29.38 kg/cm². De la misma manera el promedio de la resistencia axial de pilas ($f'm$) de la muestra control fue de 6.49 kg/cm², en los BTC con 20% de mucílago de nopal disminuyó a 3.07 kg/cm², luego ascendió a 4.72 kg/cm² en los BTC con 40% de mucílago de nopal para finalmente llegar a 18.50 kg/cm² en los BTC con 60% de mucílago de nopal.

En los antecedentes nacionales presentados también se destaca el aporte del mucílago de nopal en la resistencia a la compresión. Tal como lo expresaron Quintana y Vera (2017) en su estudio respecto a los adobes donde se observa que existe una relación directa con la incorporación de mucílago de nopal en todas las edades, haciendo énfasis en la edad de 30 días los adobes con 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de mucílago de nopal tuvieron los resultados de 7.76 kg/cm², 10.43 kg/cm², 12.98 kg/cm², 17.10 kg/cm² y 21.34 kg/cm² respectivamente; Bulnes (2018) en su tesis "Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal" también destaca el incremento de la resistencia inicial en morteros a los 3 y 7 días no obstante a los 28 días las muestras con mucílago de nopal presentan valores menores a la muestra control; Primo (2014) en su estudio destaca la incorporación del extracto de nopal al concreto, la adición de 1% de extracto en peso de cemento elevó en 21% la resistencia a la compresión respecto a la muestra base sin embargo al 3% y 5% existe un reducción del 10% y 38%.

En los antecedentes internacionales destacan la investigación de Aranda y Suarez (2013) en la que la adición de mucílago de nopal en porcentaje en peso 1%, 2%, 3% y 4% a los BTC guarda relación directa con la resistencia a la compresión seca.

Es importante anotar que las muestras en los estudios son BTC, adobes y morteros las cuáles tienen diferentes reacciones frente a la incorporación de un aditivo natural como es el mucílago de nopal sin embargo, en general, podemos destacar el aporte beneficioso a la resistencia a la compresión en diferentes proporciones y concentraciones del nopal no guardando una relación directa necesariamente.

CONCLUSIONES

1. Las propiedades físicas y mecánicas de los BTC mejoraron con la adición de 60% de mucílago de nopal en comparación con la muestra patrón: La variación dimensional largo, ancho y alto disminuyeron de 0.10%, 0.30% y 1.06% a 0.06%, 0.29% y 0.94%, respectivamente; el alabeo como concavidad disminuyó de 0.05mm a 0.04mm; la absorción disminuyó de 13.24% a 10.54%; la resistencia a la compresión de unidades ($f'b$) ascendió de 22.63 kg/cm² a 29.38 kg/cm² y la resistencia a la compresión de pilas ($f'm$) ascendió de 6.49 kg/cm² a 18.50 kg/cm².
2. El promedio de la variación dimensional de los BTC respecto a la muestra patrón se redujo para las muestras con adición del 20% de mucílago de nopal, para las muestras con adición de 40% de mucílago de nopal se incrementaron y para las muestra con adición de 60% de mucílago de nopal se redujeron aún más.
El alabeo en todas las muestras se dieron por concavidad, se observó valores mínimos para todas ellas. Los BTC con adición de 0% y 20% de mucílago de nopal presentaron un valor promedio de 0.05mm y los BTC con adición de 40% y 60% presentaron valores de 0.04mm.
Las propiedades físicas mencionadas en este ítem presentan valores minúsculos debido a la presión ejercida y al molde rígido de la máquina de compresión utilizada que no permite variaciones de tamaño y forma.
3. La absorción de los BTC sin adición de mucílago de nopal fue de 13.24%, las muestras con adición de 20% de mucílago presentaron un valor promedio de 18.15%, las muestras con adición de 40% presentaron un valor promedio de 14.16% y las muestras con adición de 60% presentaron un valor promedio de 10.54%. Estas últimas fueron las que presentaron una menor absorción respecto a la muestra patrón, no obstante todas las muestras están dentro del rango estipulado en la Norma E070 de 22% de absorción como máximo.
4. El valor promedio de la resistencia a la compresión de unidades ($f'b$) de los BTC sin adición de mucílago de nopal fue de 22.63 kg/cm², en los BTC con adición de 20% de mucílago de nopal fue de 13.03 kg/cm², en los BTC con adición de 40% de mucílago de nopal fue de 17.31 kg/cm² y en los BTC con adición de 60% de mucílago de nopal fue de 29.38 kg/cm².

El valor promedio de la resistencia a la compresión axial de pilas ($f'm$) de las muestras sin adición mucílago de nopal fue de 6.49 kg/cm², en las muestras con adición de 20% de mucílago de nopal fue de 3.07 kg/cm², en las muestras con adición de 40% de mucílago de nopal fue de 4.72 kg/cm² y en las muestras con adición de 60% de mucílago de nopal fue de 18.50 kg/cm².

El incremento del promedio de la resistencia a la compresión axial ($f'm$) de los BTC con 60% de mucilago de nopal respecto a porcentajes menores de reemplazo, probablemente se debe a la disminución de la porosidad de las unidades por la alta concentración de mucílago que incide directamente sobre la permeabilidad, tal como lo expresa Aranda – Jimenez en su investigación.

Como se puede apreciar las muestras con adición de 60% de mucílago de nopal fueron las que presentan incrementos en los resultados de resistencia a compresión en unidades y pilas en comparación con las muestras sin aditivo.

5. Es importante recordar que nuestro país no cuenta con una normativa técnica específica para Bloques de Tierra Comprimida como si lo tienen otros países de la región, razón por la cual los valores hallados en esta investigación fueron contrastados con la Norma Técnica E.070 Albañilería.

Explicado ello, según la tabla de Clasificación de las unidades de albañilería expresada en la Norma E070 los BTC sin adición y con adición del 60% de mucílago de nopal son clasificados como Bloques NP y los BTC con adición de 20% y 40% de mucílago de nopal por su baja resistencia no están categorizados.

6. El mucílago de nopal concentrado al 70% puede ser usado como aditivo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los BTC en cantidades mayores al 50% como reemplazo del agua en la mezcla.

RECOMENDACIONES

1. Los BTC con adición de 60% de mucílago de nopal mostraron mejoras notables en sus propiedades físicas y mecánicas no obstante la resistencia a la compresión no alcanzó el valor de 50 kg/cm² para ser usado en muros portantes razón por la que se recomienda continuar con las investigaciones para determinar la cantidad de cemento que debe contener la dosificación de la mezcla tomando en cuenta también el costo.
2. Se recomienda investigar procesos de extracción de mucílago de nopal que permitan obtener concentraciones altas a bajo costo ya que está demostrado que existe una relación directa entre esta y la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de los BTC.
3. En el proceso de mezcla se observó la formación de esferas de un diámetro promedio de 5 cm, ello debido a la utilización de una mezcladora convencional de concreto y a la viscosidad del mucílago, de no haberlas retirado hubieran alterado su homogeneidad y perjudicado las propiedades mecánicas de los bloques. Se sugiere la utilización de una mezcladora de eje vertical y una máquina desterronadora para homogeneizar la mezcla y garantizar la calidad de los bloques.
4. Es importante que los órganos competentes actualicen las normas técnicas E070 “Albañilería”, E080 “Diseño o construcción con tierra reforzada o emitan otras normas que establezcan los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales y construcción con Bloques de Tierra Comprimida tal como lo tienen Colombia NTC 5324,2004 “Bloques de suelo cemento para muros y divisiones” y Brasil NBR 10833/1989 “Fabricación de ladrillo macizo y bloques hechos de suelo-cemento con utilización de prensa hidráulica”.
5. Experimentalmente se recomienda construir edificaciones de dos niveles con los BTC. Tal como lo demuestra la investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú (2013) bajo la asesoría del Ingeniero Ángel San Bartolomé, en la que se ensaya un módulo de dos pisos empleando bloques de suelo prensado, BTC sin cemento, el mismo que es sometido al ensayo de simulación sísmica del tipo severo obteniendo resultados favorables. De la misma manera, en la tesis “Comportamiento sísmico de un Módulo de dos Pisos Reforzado y Construido con Ladrillos Ecológicos Prensados”,

el prototipo construido con BTC es sometido a las mismas condiciones que la investigación anterior y los resultados son fisuras leves en los muros. (35)

6. En el proceso de investigación, se realizaron exhibiciones y exposiciones en el medio local sobre los BTC y una de las preguntas recurrentes entre los asistentes fue sobre el número de pisos que se pueden construir con ellos. Cuando se les respondió que lo recomendable son edificaciones de dos pisos muchos se desanimaron porque según manifestaron el costo del terreno en la zona urbana es tan alto que buscan construir el máximo número de pisos posible.

Por lo que se recomienda el empleo de BTC para la construcción de edificaciones en zonas rurales o para cercos perimétricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ¿Cuántas viviendas son producto de la autoconstrucción y qué riesgos enfrentan? [En línea] Gestión, 17 de Marzo de 2017. [Citado el: 20 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/viviendas-son-producto-autoconstruccion-riesgos-enfrentan-131042-noticia/>.
2. *Impactos socioambientales por la fabricación de ladrillos en Huancayo*. CONDORI APAZA, Marisol. 2, Huancayo : Apuntes de Ciencia & Sociedad, 2013, Vol. 3. 2225-5141.
3. *Los BTC material por excelencia para la bioconstrucción*. ROCHA, Miguel. Cáceres : s.n., 2015.
4. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. MVCS. [En línea] Agosto de 2016. [Citado el: 17 de Mayo de 2019.] http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/vivienda_y_urbanismo.html.
5. INEI. *Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2011 - 2017*. Lima : s.n., 2018.
6. AMAYA Robles, Julio. *Cultivo de tuna*. Trujillo : Gerencia Regional Agraria La Libertad, 2009.
7. MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN. *Norma Técnica E.070 - Albañilería*. Lima : Macro E.I.R.L, 2006. 978-612-4034-70-1.
8. —. *Norma Técnica E.080 - Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima : Macro E.I.R.L, 2017. 978-612-4034-70-1.
9. *La tierra, un material de construcción sustentable*. ORDÓÑEZ, Lourdes. 16, Morelos : Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos, 2016. ISSN: 2007-1760.
10. *Bloque de tierra comprimida como material constructivo*. ARTEAGA MEDINA, Karen Tatiana, HUMBERTO MEDINA, Óscar y GUTIÉRREZ JUNCO, Óscar Javier. 31, Tunja : Revista Facultad de Ingeniería, 2011, Vol. 20. ISSN 0121–1129.
11. MANTILLA CALDERÓN, Jhon Cristian. *Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho*. Cajamarca : s.n., 2018.

12. MINKE, Gernot. *Manual de construcción en tierra*. Montevideo : Fin del Siglo, 2005. ISBN 978-9974-49-347-6.
13. *Tecnología y construcción con tierra*. VIÑUALES, Graciela María. 2, Argentina : Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural, 2007, Vol. 20. ISSN 1657-9763.
14. NEVES, Celia. *Bloque de tierra comprimida - BTC*. [aut. libro] Celia NEVES y Obede Borges FARIA. *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru : PROTERRA, 2011.
15. ESTEVE CANTÓN, María. *Estudio de las características del bloque de tierra comprimida*. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2016.
16. *El suelo-cemento como material de construcción*. TOIRAC CORRAL, José. 4, Santo Domingo : Ciencia y Sociedad, 2008, Vol. 33. ISSN: 0378-7680.
17. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. *Utilización agroindustrial del Nopal*. Roma : Boletín de servicios agrícolas de la FAO, 2006. ISSN 1020-4334.
18. CERVANTES MONTIEL, Angel Enrique. *Adobe orgánico elaborado con arcilla y mucílago de nopal para construcción de centro eco-turístico en el municipio de Acolman*. Puebla : s.n., 2017.
19. ITINTEC. *NTP 331.017. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos*. Lima : s.n., 1978.
20. —. *NTP 331.018. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo*. Lima : s.n., 1978.
21. INDECOPI. *NTP 399.613. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla*. Lima : s.n., 2005.
22. —. *NTP 399.605. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de albañilería*. Lima : s.n., 2003.
23. CORONEL, Eduardo. *Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas : Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades, y sus aplicaciones*. Santiago de Estero : Instituto de Tecnología de la Madera, 1995. ISBN 9504371914.

24. ROUZ GUTIERREZ, Rubén Salvador, GARCIA IZAGUIRRE, Víctor Manuel y ESPUNA MUJICA, José Adán. *Los materiales alternativos estabilizados y su impacto ambiental*. León : Nova scientia, 2015. ISSN 2007-0705.
25. Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. España : s.n., 2019.
26. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. s.l. : ICARDA, 2018. ISBN 978-92-5-130494-5.
27. *Desarrollo de una prensa electromecánica para BTC*. GONZALES, Ariel y CABRERA, Santiago. Santa Fe : X CRETA, 2018. ISBN 978-950-34-1661-7.
28. SEMINARIO COLÁN, Roberto Carlos. *Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura*. Piura : Universidad de Piura, 2013.
29. KERLINGER, Fred Nichols. *Investigación del comportamiento*. Sumas : MC Graw Hill, 2002. ISBN 10: 9701030702.
30. *Métodos científicos de indagación y construcción del conocimiento*. RODRIGUEZ JIMÉNEZ, Andrés y PÉREZ JACINTO, Alipio Omar. 82, Bogotá : Revista Escuela de Administración de Negocios, 2017. ISSN: 0120-8160.
31. DLUZ ESCAMILLA, Marisela. *Los enfoques en la investigación científica*. [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES39.pdf] Pachuca de Soto : Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2013.
32. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BASTISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la investigación*. Santa Fe : McGraw-Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
33. RAMIREZ, Tulio. *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Caracas : Editorial Panapo, 1999. ISBN 980-366-231-7.
34. MEZA LÓPEZ, Jesús Manuel. *Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo*. Huancayo : s.n., 2018.

35. *Efecto de la impermeabilidad del Mucílago de Nopal en bloques de tierra comprimidos.* ARANDA JIMÉNEZ, Yolanda Guadalupe y SUAREZ DOMINGUEZ, Edgardo Jonathan. 11, Tamaulipas : Nova scientia, 2014, Vol. 6. ISSN 2007-0705.
36. *Efectos de utilización de savias vegetales bloques de tierra comprimida a la prueba de abrasión.* ARANDA JIMÉNEZ, Yolanda Guadalupe y GARCÍA IZAGUIRRE, Victor Manuel. 19, Tamaulipas : Legado de Arquitectura y Diseño, 2016, Vol. 1. ISSN: 2007-3615.
37. BULNES GAMBINI, Carlos Mauro. *Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal.* Chimbote : s.n., 2018.
38. CALDERÓN PEÑAFIEL, Juan Carlos. *Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia.* Catalunya : s.n., 2013.
39. PRIMO CUBAS, Cristina Jhoani. *Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia Ficus-Indica) en la resistencia a compresión del concreto.* Cajamarca : s.n., 2014.
40. QUINTANA CHOQUELUQUE, Diana Lisbeth y VERA SALIZAR, Mithdwar Octavio. *Evalación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.* Cusco : s.n., 2017.
41. RAMÍREZ ARELLANES, y otros. *Propiedades de durabilidad en hormigón y análisis microestructural en pastas de cemento con adición de mucílago de nopal como aditivo natural.* s.l. : Materiales de Construcción, 2012. ISSN: 0465-2746.
42. TORRES ACOSTA, Andrés Antonio, y otros. *Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas.* Querétaro : Instituto Mexicano del Transporte, 2010. ISSN 0188-7297.

ANEXOS

ANEXO A.
ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN

ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN

PARTIDA : Mucílago de nopal
 UNIDAD : m3
 ESPECIFICACIONES : Mucílago de nopal al 70% de concentración.

TAREA	CUADRILLA	RENDIMIENTO
	PEÓN	
Extracción de mucilago de nopal	2	0.5 m3/jornada

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
Agua	m3	0.30	s/.2.83	s/.0.85
				s/.0.85

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
Peón	hh	16	s/.8.43	s/.134.88
				s/.134.88

HERRAMIENTAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
Herramientas manuales	%mo	3.00	s/134.88	s/.4.05
				s/.4.05

Total = 279.56 soles/m3

ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN

PARTIDA : Bloque de Tierra Comprimida (BTC)
 UNIDAD : Unidad
 ESPECIFICACIONES : BTC, cemento 15% y adición de mucílago de nopal.

TAREA	CUADRILLA	RENDIMIENTO
	PEÓN	
Fabricación de BTC con adición de mucílago de nopal	2	500 ladrillos/jornada

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
Cemento	bolsa	6.885	23.00	158.36
Tierra	m3	1.105	40.00	44.20
Mucílago de nopal	m3	0.096	279.56	26.84
Agua	m3	0.064	2.83	0.18
				229.58

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
Peón	hh	16	8.43	134.88
				134.88

HERRAMIENTAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
Herramientas manuales	%mo	3.00	s/134.88	4.05
				4.05

Total = 0.74 soles/unidad

ANEXO B.
CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS

B.1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 01
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 13/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

Peso inicial:

Mallas estándar		PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
Pulg.	Ø mm	0	0%	0%	100%
1"	25.40	0	0%	0%	100%
1/2"	12.70	0	0%	0%	100%
3/8"	9.53	0	0%	0%	100%
1/4"	6.35	3.20	0.16%	0.16%	99.84%
#4	4.76	17.30	0.87%	1.03%	98.98%
#8	2.38	50.70	2.54%	3.56%	96.44%
#10	2.00	419.34	20.97%	24.53%	75.47%
#16	1.19	266.51	13.33%	37.85%	62.15%
#20	0.84	201.31	10.07%	47.92%	52.08%
#30	0.59	153.89	7.69%	55.61%	44.39%
#40	0.43	164.20	8.21%	63.82%	36.18%
#50	0.30	123.68	6.19%	70.01%	29.99%
#60	0.25	150.49	7.52%	77.53%	22.47%
#80	0.18	86.91	4.35%	81.88%	18.12%
#100	0.15	89.11	4.46%	86.33%	13.67%
#200	0.07	171.57	9.32%	95.65%	4.35%
FONDO	-	101.79	4.35%	100.00%	0%
PESO TOTAL		2000.00			

Bach. Ing. Civil. Lucía Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto.
Universidad Continental.

B.2. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
 ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N°02
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 14/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110-2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

DESCRIPCION	N° 01	N° 02	N° 03
Peso cápsula (g)	28.57	21.32	21.19
Peso cápsula + muestra húmeda (g)	66.57	59.05	73.09
Peso cápsula + muestra seca (g)	59.98	52.59	64.29
Peso agua (g)	6.59	6.46	8.80
Peso muestra seca (g)	31.41	31.27	43.10
Contenido de humedad (%)	20.98	20.66	20.42
Número de golpes	17	23	35



	LL
HUMEDAD	21.65%

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
 Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
 Universidad Continental.

B.3. ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 02
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 14/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

LÍMITES DE ATTERBERG

LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 110-2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCION	N° 01	N° 02	N° 03
Peso cápsula (gr)	21.50	28.71	22.65
Peso cápsula + muestra húmeda (gr)	48.70	64.17	47.00
Peso cápsula + muestra seca (gr)	44.24	59.38	43.35
Peso de agua (gr)	4.46	4.79	3.65
Peso muestra seca (gr)	22.74	30.67	20.70
Contenido de humedad	19.61	15.62	17.63
% Promedio		17.62	

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Obiña
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.

B.4. ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N°03
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 20/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD

PROCTOR ESTÁNDAR

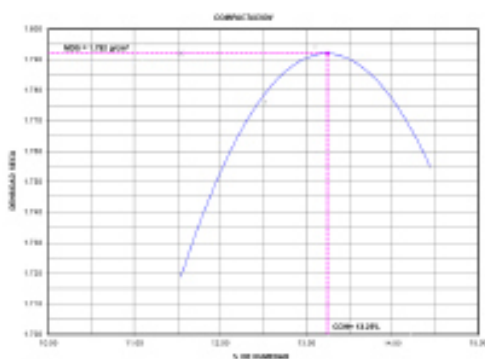
MTC E 116 – 2000, Basado en la Norma ASTM D-698 y AASHTO T-99

CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
Peso molde (gr)	54.72	53.97	55.22	56.16
Peso molde + muestra húmeda (gr)	171.64	172.36	182.04	190.29
Peso molde + muestra seca (gr)	159.54	159.18	167.35	173.37
Peso de agua (gr)	12.10	13.18	14.69	16.92
Peso muestra seca (gr)	104.8	105.2	112.10	117.20
Contenido de humedad (%)	11.54	12.53	13.10	14.44

DENSIDAD

DESCRIPCIÓN	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
Contenido de humedad (%)	11.54	12.53	13.10	14.44
Peso molde + muestra compactada (gr)	3825	3901	3930	3910
Peso molde (gr)	2015	2015	2015	2015
Peso muestra compactada (gr)	1810	1886	1915	1895
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.92	1.99	2.029	2.008
Densidad seca (gr/cm ³)	1.72	1.776	1.794	1.755



Densidad máxima (gr/cm ³)	1.792
Humedad óptima (%)	13.25

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
 Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
 Universidad Continental.

B.5. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimír Vilcas Painado	Ensayo N° 04
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 21/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

BTC CON 0% DE MUCÍLAGO DE NOPAL							
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio (mm)	Nominal (mm)
1	Largo	251.24	251.25	251.25	251.24	251.25	250
	Ancho	126.65	126.64	126.63	126.65	126.64	125
2	Altura	74.87	74.88	74.87	74.87	74.87	75
	Largo	251.72	251.71	251.72	251.73	251.72	250
3	Ancho	126.98	126.98	126.97	126.99	126.98	125
	Altura	75.24	75.25	75.24	75.25	75.25	75
4	Largo	251.16	251.18	251.15	251.16	251.16	250
	Ancho	125.92	125.92	125.93	129.92	126.92	125
5	Altura	75.12	75.13	75.12	75.13	75.13	75
	Largo	251.64	251.64	251.62	251.62	251.63	250
6	Ancho	126.12	126.12	126.13	126.11	126.12	125
	Altura	76.78	76.78	76.78	76.79	76.78	75
7	Largo	251.9	251.91	251.91	251.92	251.91	250
	Ancho	126.78	126.77	126.77	126.76	126.77	125
8	Altura	77.13	77.12	77.13	77.11	77.12	75
	Largo	251.32	251.33	251.34	251.32	251.33	250
9	Ancho	127.21	127.2	127.21	127.19	127.20	125
	Altura	76.47	76.47	76.46	76.47	76.47	75
10	Largo	251.61	251.62	251.63	251.6	251.62	250
	Ancho	126.55	126.56	126.56	126.56	126.56	125
11	Altura	76.04	76.05	76.03	76.04	76.04	75
	Largo	251.54	251.53	251.53	251.53	251.53	250
12	Ancho	126.44	126.44	126.44	126.44	126.44	125
	Altura	75.89	75.87	75.88	75.88	75.88	75
13	Largo	251.24	251.24	251.23	251.23	251.24	250
	Ancho	127.29	127.29	127.28	127.29	127.29	125
14	Altura	76.76	76.75	76.74	76.76	76.75	75
	Largo	251.78	251.76	251.77	251.76	251.77	250
15	Ancho	126.32	126.34	126.33	126.32	126.33	125
	Altura	76.91	76.91	76.92	76.91	76.91	75

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 04
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 21/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL							
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio (mm)	Nominal (mm)
1	Largo	251.41	251.39	251.4	251.41	251.40	250
	Ancho	126.92	126.9	126.92	126.92	126.92	125
2	Altura	75.65	75.66	75.65	75.67	75.66	75
	Largo	251.07	251.08	251.07	251.08	251.08	250
3	Ancho	126.81	126.81	126.81	126.82	126.81	125
	Altura	76.28	76.29	76.29	76.27	76.28	75
4	Largo	251.31	251.31	251.32	251.31	251.31	250
	Ancho	126.34	126.34	126.35	126.35	126.35	125
5	Altura	77.88	77.87	77.88	77.88	77.88	75
	Largo	251.53	251.54	251.53	251.52	251.53	250
6	Ancho	126.07	126.07	126.08	126.08	126.08	125
	Altura	75.69	75.7	75.7	75.69	75.70	75
7	Largo	251.59	251.58	251.59	251.6	251.59	250
	Ancho	126.22	126.23	126.23	126.22	126.23	125
8	Altura	76.12	76.1	76.11	76.11	76.11	75
	Largo	251.35	251.36	251.34	251.35	251.35	250
9	Ancho	126.41	126.4	126.4	126.41	126.41	125
	Altura	76.87	76.88	76.88	76.87	76.88	75
10	Largo	251.47	251.45	251.45	251.46	251.46	250
	Ancho	126.66	126.67	126.65	126.66	126.66	125
11	Altura	77.54	77.53	77.53	77.54	77.54	75
	Largo	251.26	251.26	251.27	251.27	251.27	250
12	Ancho	126.02	126.02	126.03	126.01	126.02	125
	Altura	75.72	75.71	75.72	75.72	75.72	75
13	Largo	251.53	251.53	251.54	251.54	251.54	250
	Ancho	126.32	126.31	126.31	126.32	126.32	125
14	Altura	76.02	76.03	76.02	76.03	76.03	75
	Largo	251.12	251.1	251.11	251.11	251.11	250
15	Ancho	126.69	126.7	126.7	126.7	126.70	125
	Altura	75.69	75.68	75.69	75.67	75.68	75

Bach. Ing. Civil, Lucia Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.



TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 04
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 21/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

		BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL				Promedio (mm)	Nominal (mm)
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4		
1	Largo	250.77	250.76	250.77	250.76	250.77	250
	Ancho	125.92	125.93	125.92	125.92	125.92	125
2	Altura	74.32	74.33	74.33	74.33	74.33	75
	Largo	251.67	251.66	251.67	251.65	251.66	250
	Ancho	126.49	126.49	126.49	126.5	126.49	125
3	Altura	76.9	76.9	76.9	76.91	76.90	75
	Largo	250.88	250.87	250.88	250.86	250.87	250
	Ancho	125.98	125.99	125.98	125.98	125.98	125
4	Altura	75.23	75.24	75.22	75.23	75.23	75
	Largo	250.96	250.97	250.95	250.97	250.96	250
	Ancho	126.01	126.01	126.02	126.01	126.01	125
5	Altura	76.67	76.67	76.65	76.67	76.67	75
	Largo	251.21	251.2	251.22	251.21	251.21	250
	Ancho	126.25	126.23	126.25	126.24	126.24	125
6	Altura	76.07	76.06	76.07	76.07	76.07	75
	Largo	251.11	251.11	251.1	251.11	251.11	250
	Ancho	126.39	126.39	126.39	126.38	126.39	125
7	Altura	75.75	75.76	75.76	75.75	75.76	75
	Largo	251.01	251	251.02	251.01	251.01	250
	Ancho	126.11	126.11	126.1	126.12	126.11	125
8	Altura	74.89	74.88	74.89	74.9	74.89	75
	Largo	250.88	250.87	250.88	250.86	250.87	250
	Ancho	126.09	126.08	126.09	126.08	126.09	125
9	Altura	75.67	75.66	75.67	75.67	75.67	75
	Largo	251.44	251.42	251.42	251.42	251.43	250
	Ancho	125.97	125.96	125.97	125.98	125.97	125
10	Altura	76.83	76.82	76.83	76.82	76.83	75
	Largo	251.65	251.66	251.65	251.67	251.66	250
	Ancho	126.22	126.23	126.22	126.21	126.22	125
	Altura	76.79	76.78	76.79	76.8	76.79	75

Bach. Ing. Civil, Luca Lara Dávila
 Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
 Universidad Continental.



TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 04
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 21/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

VARIACIÓN DIMENSIONAL

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

		BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL					
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio (mm)	Nominal (mm)
1	Largo	250.61	250.61	250.62	250.61	250.61	250
	Ancho	125.78	125.79	125.78	125.78	125.78	125
	Altura	74.5	74.51	74.51	74.5	74.51	75
2	Largo	251.13	251.12	251.13	251.14	251.13	250
	Ancho	126.84	126.83	126.84	126.83	126.84	125
	Altura	76.6	76.61	76.6	76.61	76.61	75
3	Largo	250.86	250.87	250.88	250.86	250.87	250
	Ancho	125.91	125.9	125.9	125.92	125.91	125
	Altura	74.89	74.9	74.89	74.89	74.89	75
4	Largo	251.07	251.06	251.06	251.07	251.07	250
	Ancho	126.35	126.34	126.35	126.33	126.34	125
	Altura	75.32	75.31	75.32	75.31	75.32	75
5	Largo	250.82	250.83	250.82	250.83	250.83	250
	Ancho	126.71	126.72	126.73	126.73	126.72	125
	Altura	76.11	76.11	76.12	76.11	76.11	75
6	Largo	251.04	251.03	251.03	251.03	251.03	250
	Ancho	126.32	126.33	126.32	126.33	126.33	125
	Altura	76.51	76.5	76.51	76.49	76.50	75
7	Largo	250.9	250.89	250.9	250.91	250.90	250
	Ancho	126.12	126.11	126.12	126.11	126.12	125
	Altura	75.54	75.55	75.54	75.55	75.55	75
8	Largo	250.78	250.79	250.78	250.77	250.78	250
	Ancho	125.95	125.96	125.95	125.94	125.95	125
	Altura	76.32	76.31	76.32	76.31	76.32	75
9	Largo	250.97	250.96	250.97	250.98	250.97	250
	Ancho	126.02	126.01	126.02	126.01	126.02	125
	Altura	76.03	76.02	76.01	76.02	76.02	75
10	Largo	251.12	251.11	251.11	251.11	251.11	250
	Ancho	126.54	126.53	126.54	126.53	126.54	125
	Altura	75.32	75.3	75.31	75.32	75.31	75

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
 Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
 Universidad Continental.

B.6. ENSAYO DE ALABEO



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
 ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 05
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 27/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ALABEO

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	CÓNCAVO (mm)		CONVEXO (mm)	
		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
BTC CON 0% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	1.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	1.00	0.00	0.00	0.00
	4	1.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	1.00	0.00	0.00	0.00
	8	1.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO (mm)		0.50		0.00	

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
 Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
 Universidad Continental.



TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 05
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 27/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ALABEO

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	CÓNCAVO (mm)		CONVEXO (mm)	
		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
BTC CON 20% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1.00	0.00	0.00	0.00
	3	1.00	0.00	0.00	0.00
	4	1.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	1.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	1.00	0.00	0.00	0.00
	PROMEDIO (mm)	0.50		0.00	

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado

Ensayo N° 05

Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental

Fecha: 27/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ALABEO

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	CÓNCAVO (mm)		CONVEXO (mm)	
		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
BTC CON 40% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	1.00	0.00	0.00	0.00
	2	1.00	0.00	0.00	0.00
	3	1.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	1.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO (mm)		0.40		0.00	

Bach. Ing. Civil, Lucia Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto.
Universidad Continental.



TESIS: DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 05
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 27/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ALABEO

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	CÓNCAVO (mm)		CONVEXO (mm)	
		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
BTC CON 60% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	1.00	0.00	0.00	0.00
	5	1.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	1.00	0.00	0.00	0.00
	10	1.00	0.00	0.00	0.00
PROMEDIO (mm)		0.40		0.00	

Bach. Ing. Civil, Lucia Lara Davila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.

B.7. ENSAYO DE ABSORCIÓN



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 06
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 28/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

ABSORCIÓN

Basado en la Norma NTP 399.613 y 399.604

	MUESTRA	PESO SECO (Kg)	PESO SATURADO (Kg)	%ABSORCIÓN
BTC CON 0% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	3301.75	3876.92	14.64
	2	3558.2	3956.29	11.19
	3	3501.38	3936.12	9.91
	4	3399.47	3965.31	16.99
	5	3303.77	3839.85	13.40
			PROMEDIO	
BTC CON 20% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	3317.81	3847.92	15.98
	2	3299.44	3899.74	18.19
	3	3447.98	4018.89	16.56
	4	3222.8	3859.47	19.70
	5	3173.22	3815.91	20.25
			PROMEDIO	
BTC CON 40% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	3487.63	3855.19	10.54
	2	3364.4	3931.79	16.86
	3	3322.89	3855.89	16.04
	4	3351.74	3810.81	13.70
	5	3394.49	3858.32	13.66
			PROMEDIO	
BTC CON 60% MUCÍLAGO DE NOPAL	1	3621.24	4004.68	10.99
	2	3485.86	3919.84	12.43
	3	3709.45	4085.49	8.98
	4	3520.5	3934.42	11.76
	5	3561.57	3901.86	9.53
			PROMEDIO	

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto.
Universidad Continental.

B.8. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
 ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N°07
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 06/03/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 0% DE MUCÍLAGO DE NOPAL					
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	FUERZA (Kg-f)	fb (Kg-f/cm ²)
1	25.18	12.73	320.54	7710	24.05
2	25.13	12.60	316.64	8340	26.34
3	25.12	12.65	317.77	7350	23.13
4	25.11	12.65	317.64	8020	25.25
5	25.10	12.61	316.51	7524	23.77
PROMEDIO					23.91
δ					1.28
fb (Kg-f/cm ²)					22.63

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dévita
 Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
 Universidad Continental.



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado

Ensayo N°07

Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental

Fecha: 06/03/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	FUERZA (Kg-f)	f _b (Kg-f/cm ²)
1	25.15	12.59	316.64	5230.00	16.52
2	25.16	12.61	317.27	4260.00	13.43
3	25.15	12.65	318.15	4460.00	14.02
4	25.13	12.60	316.64	4128.00	13.04
5	25.11	12.67	318.14	5178.00	16.28
PROMEDIO					14.66
δ					1.63
f _b (Kg-f/cm ²)					13.03

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila

Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado

Ensayo N°07

Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental

Fecha: 06/03/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	FUERZA (Kg-f)	fb (Kg-f/cm ²)
1	25.09	12.59	315.88	5320.00	16.84
2	25.17	12.60	317.14	5960.00	18.79
3	25.10	12.64	317.26	6590.00	20.77
4	25.08	12.65	317.26	6079.00	19.16
5	25.08	12.63	316.76	5841.00	18.44
PROMEDIO					18.80
δ					1.41
fb (Kg-f/cm ²)					17.31

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N°07
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 06/03/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES

Basado en la NTP 399.604

BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL					
MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA BRUTA (cm ²)	FUERZA (Kg-f)	f _b (Kg-f/cm ²)
1	25.09	12.67	317.89	11420.00	35.92
2	25.06	12.68	317.76	10740.00	33.80
3	25.08	12.65	317.26	8820.00	27.80
4	25.09	12.63	316.89	10710.00	33.80
5	25.11	12.58	315.88	9850.00	31.18
PROMEDIO					32.50
δ					3.12
f _b (Kg-f/cm ²)					29.38

Bach. Ing. Civil, Lucia Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.

B.9. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 08
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 13/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA

Basado en la NTP 399.605

BTC CON 0% DE MUCÍLAGO DE NOPAL						
MUESTRA	ÁREA (cm ²)	P _{máx} (Kg-f)	f _m (Kg/cm ²)	ESBELTEZ (H/E)	COEFICIENTE (C)	f _m corregido (Kg/cm ²)
1	316.52	3500.00	11.06	1.81	0.703	7.77
2	317.83	3020.00	9.50	1.80	0.702	6.67
3	317.78	3080.00	9.69	1.81	0.703	6.81
PROMEDIO f _m						7.09
δ						0.60
f _m (Kg/cm ²)						6.49

Bach. Ing. Civil, Lucia Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 08
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 13/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA

Basado en la NTP 399.605

BTC CON 20% DE MUCÍLAGO DE NOPAL						
MUESTRA	ÁREA (cm ²)	P _{máx} (Kg-f)	f _m (Kg/cm ²)	ESBELTEZ (H/E)	COEFICIENTE (C)	f _m corregido (Kg/cm ²)
1	317.17	2020.00	6.37	1.83	0.706	4.50
2	318.21	1520.00	4.78	1.83	0.706	3.37
3	316.60	1500.00	4.74	1.81	0.703	3.33
PROMEDIO f _m						3.73
δ						0.66
f _m (Kg/cm ²)						3.07

Bach. Ing. Civil. Lucrecia Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 08
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 13/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA

Basado en la NTP 399.605

BTC CON 40% DE MUCÍLAGO DE NOPAL						
MUESTRA	ÁREA (cm ²)	P _{máx} (Kg-f)	f _m (Kg/cm ²)	ESBELTEZ (H/E)	COEFICIENTE (C)	f _m corregido (Kg/cm ²)
1	317.04	2260.00	7.13	1.81	0.703	5.01
2	317.38	3740.00	11.78	1.81	0.703	8.28
3	317.20	2680.00	8.45	1.80	0.702	5.93
PROMEDIO f _m						6.41
δ						1.69
f _m (Kg/cm ²)						4.72

Bach. Ing. Civil, Lucia Lara Devila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.



TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 08
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 13/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA

Basado en la NTP 399.605

BTC CON 60% DE MUCÍLAGO DE NOPAL						
MUESTRA	ÁREA (cm ²)	P _{máx} (Kg-f)	f _m (Kg/cm ²)	ESBELTEZ (H/E)	COEFICIENTE (C)	f _m corregido (Kg/cm ²)
1	317.87	9200	28.94	1.79	0.700	20.26
2	317.21	10460	32.97	1.79	0.703	23.18
3	316.84	8460	26.70	1.81	0.703	18.77
PROMEDIO f _m						20.74
δ						2.24
f _m (Kg/cm ²)						18.50

Bach. Ing. Civil, Lucia Lara Dévila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.

B.10. ENSAYO DE VISCOSIDAD



UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, AÑO 2019

Responsable: Bach. Cesar Vladimir Vilcas Painado	Ensayo N° 09
Lugar: Laboratorio de pavimentos, suelos y concreto de la Universidad Continental	Fecha: 14/02/20

FICHA TÉCNICA DE ENSAYO
VISCOSIDAD DEL MUCÍLAGO DE NOPAL

Muestra N°01

Descripción	esfera sólida	mucilago
masa (g)	5	994
radio (cm)	0.75	-
altura (cm)	15	-
tiempo (s)	0.58	-
volumen (cm ³)	1.766	750
VISCOSIDAD (poise)	7.138	

Muestra N°02

Descripción	esfera sólida	mucilago
masa (g)	5	993
radio (cm)	0.75	-
altura (cm)	15	-
tiempo (s)	0.62	-
volumen (cm ³)	1.766	750
VISCOSIDAD (poise)	7.638	

Muestra N°03

Descripción	esfera sólida	mucilago
masa (g)	5	994
radio (cm)	0.75	-
altura (cm)	15	-
tiempo (s)	0.61	-
volumen (cm ³)	1.766	750
VISCOSIDAD (poise)	7.508	

Viscosidad final

VISCOSIDAD (poise) **7.428**

Bach. Ing. Civil, Lucía Lara Dávila
Técnico de Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto,
Universidad Continental.

ANEXO C.
REPORTE FOTOGRÁFICO



Fotografía 01. Tierra utilizada para la fabricación de las muestras.



Fotografía 02. Maceración del nopal



Fotografía 03. Mucílago de nopal



Fotografía 04. Secado de tierra



Fotografía 05. Mezclado de materiales



Fotografía 06. Compactación de mezcla mediante máquina de compresión mecánica



Fotografía 07. Obtención de BTC



Fotografía 08. BTC con 0% de mucílago de nopal



Fotografía 09. BTC con 20% de mucílago de nopal



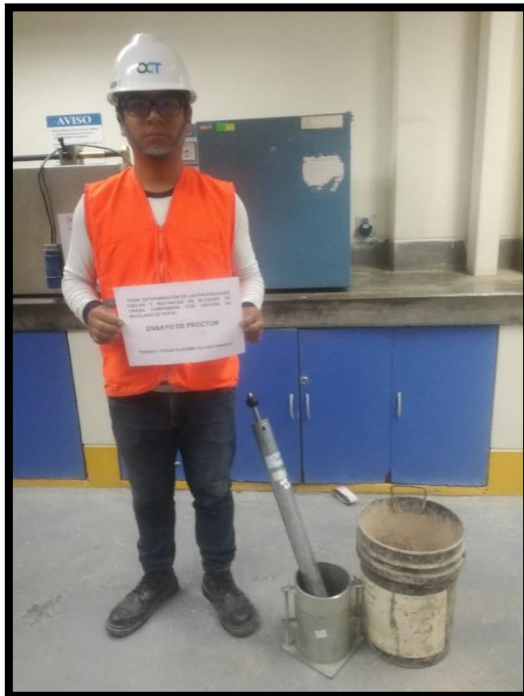
Fotografía 10. BTC con 40% de mucílago de nopal



Fotografía 11. BTC con 60% de mucílago de nopal



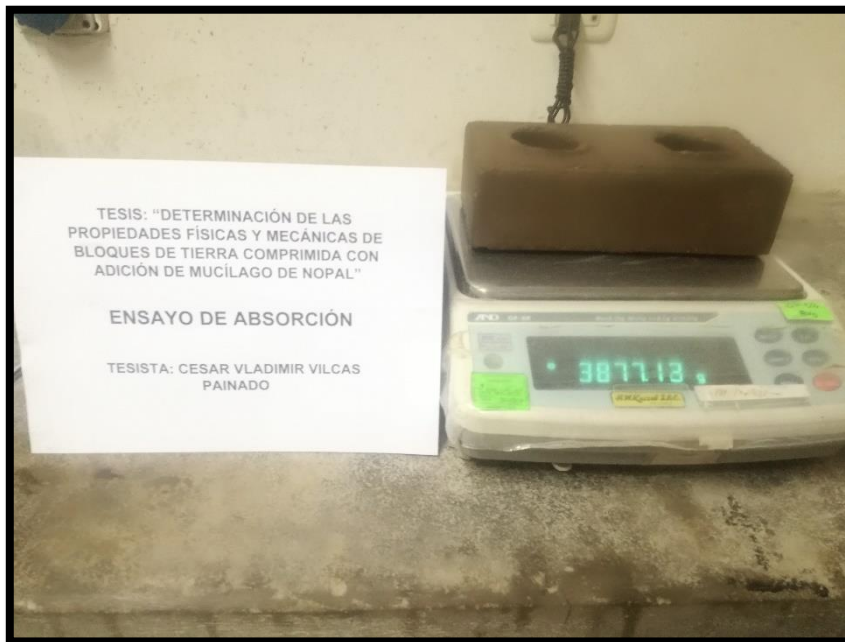
Fotografía 12. Ensayo de granulometría



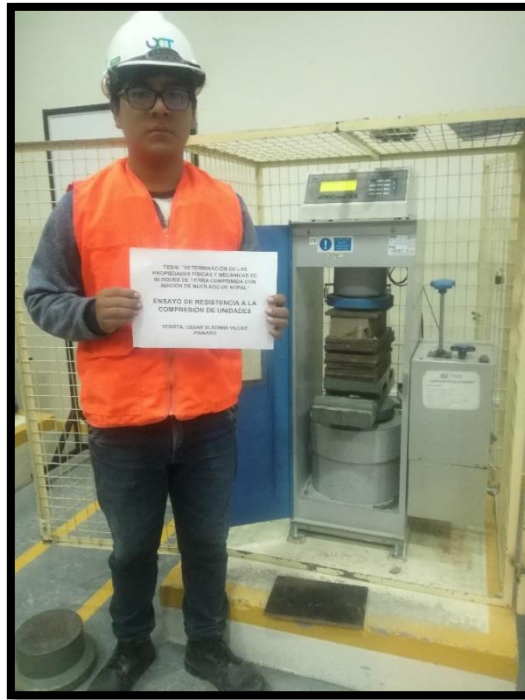
Fotografía 13. Ensayo Proctor estándar



Fotografía 14. Ensayo de Variación dimensional



Fotografía 15. Ensayo de Absorción



Fotografía 16. Ensayo de Resistencia a la compresión de unidades



Fotografía 17. Ensayo de Resistencia a la compresión de pilas