

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Propuesta de bloques de tierra comprimida
(BTC) a base de la adición de ceniza de linaza
para unidades de albañilería en el distrito de
El Tambo-Huancayo, 2023**

Mauricio Jhonatan Samaniego Paulino

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : FRANZ EMMANUEL ESTRADA PORRAS
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 14 de Noviembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

PROPUESTA DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC) A BASE DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE LINAZA PARA UNIDADES DE ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO DE EL TAMBO - HUANCAYO 2023

Autores:

1. MAURICIO JHONATAN SAMANIEGO PAULINO – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento sincero por el apoyo recibido durante el desarrollo de la investigación a mi asesor y a la universidad. La orientación y valiosas aportaciones proporcionadas fueron esenciales para el éxito del proyecto. La dedicación, paciencia y sabiduría demostradas fueron fundamentales y dejaron una huella significativa en el trabajo.

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por brindarme la fuerza y la determinación necesarias para alcanzar uno de mis más ansiados anhelos. Tu inquebrantable apoyo ha sido la luz que ha iluminado cada paso de este trayecto. A mis padres, artífices de mi oportunidad de ser profesional, les dedico mi más profundo agradecimiento. Agradezco también a mis amigos y compañeros de universidad, quienes han compartido conmigo momentos únicos e inolvidables. Su camaradería ha enriquecido mi experiencia académica y ha hecho que este viaje sea aún más especial. Este logro es el resultado del amor, apoyo y contribuciones de cada uno de ustedes. A todos, mi eterna gratitud.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	2
DEDICATORIA.....	3
RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	14
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	16
1.5. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	18
1.6. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	18
1.6.1. Hipótesis general.....	18
1.6.2. Hipótesis específicas	19
1.7. VARIABLES	19
1.7.1. Variable independiente.....	19
1.7.2. Variable dependiente.....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.2. BASES TEÓRICAS	26
2.2.1. Ladrillo ecológico	26

2.2.2.	BTC.....	28
2.2.3.	Unidad de albañilería	28
2.2.4.	Propiedades físicas y mecánicas	29
2.2.5.	Cenizas de fondo.....	31
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		35
3.1.	MÉTODO, TIPO O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.1.1.	Método de la investigación	35
3.1.2.	Alcances de la investigación	35
3.1.3.	Diseño de la investigación	36
3.1.4.	Población.....	36
3.1.5.	Muestra	36
3.2.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
3.3.	MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.3.1.	Materiales.....	37
3.3.2.	Métodos	40
3.3.3.	Etapas.....	44
3.3.4.	Ensayo de los especímenes de los bloques comprimida de tierra (BTC)	50
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		53
4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
4.1.1.	Elaboración de especímenes de albañilería en base a la adición de ceniza de lizana.....	53
4.1.2.	Ensayo de resistencia a la compresión en unidades de albañilería	61
4.1.3.	Ensayos de resistencia a la erosión – método de rociado a presión NZC 4298. 64	
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	68
4.2.1.	Elaboración de especímenes de albañilería en base a la adición de ceniza de lizana.....	68
4.2.2.	Resistencia a la compresión	69
4.2.3.	Ensayo de prueba de erosión – método de rociado a presión NZC 4298	69
4.3.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	70
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		75
5.1.	CONCLUSIONES.....	75

5.2. RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS.....	84
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	85
ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE	86
ANEXO 3. PANEL FOTOGRÁFICO	87
ANEXO 4. ENSAYO DE ALBAÑILERIA	99
ANEXO5. ENSAYO DE COMPRESIÓN	109
ANEXO 6. ENSAYOS DE EROSIÓN	127
ANEXO 7. CERTIFICADOS DE LABORATORIO	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Matriz de operacionalización de las variables</i>	20
Tabla 2 <i>Matriz de consistencia</i>	20
Tabla 3 <i>Tamices aberuras</i>	30
Tabla 4 <i>Análisis químicos de cenizas volantes de diferentes tipos de biomas</i>	32
Tabla 5 <i>Cantidad de ladrillera artesanales en Huancayo</i>	34
Tabla 6 <i>Indices de erosión del ensayo de erosión por pulverización a presión</i>	42
Tabla 7 <i>Dosificación a 7% para la elaboración del BTC</i>	48
Tabla 8 <i>Dosificación a 15% para la elaboración del BTC</i>	49
Tabla 9 <i>Dosificación a 20% para la elaboración del BTC</i>	49
Tabla 10 <i>Muestras de BTC con cemento al 7%</i>	54
Tabla 11 <i>Muestras de BTC con cemento 7% y ceniza de linaza al 8%</i>	55
Tabla 12 <i>Muestras de BTC con cemento 7% y ceniza de linaza al 10%</i>	56
Tabla 13 <i>Muestras de BTC con cemento 7% y ceniza de linaza al 12%</i>	57
Tabla 14 <i>Peso promedio de las muestras BTC con diferentes porcentajes de cemento y ceniza</i>	60
Tabla 15 <i>Ensayo de compresión a los 7 días para BTC con cemento al 7%</i>	62
Tabla 16 <i>Indicador máximo de erosionabilidad con solo cemento al 7%</i>	64
Tabla 17 <i>Indicador máximo de erosionabilidad con cemento al 7% y ceniza al 8%</i>	65
Tabla 18 <i>Indicador máximo de erosionabilidad con cemento al 7% y ceniza al 10%</i>	66
Tabla 19 <i>Indicador máximo de erosionabilidad con cemento al 7% y ceniza al 12%</i>	66
Tabla 20 <i>Estadísticas descriptivas</i>	73
Tabla 21 <i>Valor de p</i>	73
Tabla 22 <i>Estadística descriptiva</i>	74
Tabla 23 <i>Valor de p</i>	74
Tabla 24 <i>Estadísticas descriptivas</i>	76
Tabla 25 <i>Valor de p</i>	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Zona de estudio</i>	18
Figura 2 <i>Selección de linaza</i>	33
Figura 3 <i>Selección y almacenamiento de ceniza de linaza</i>	33
Figura 12 <i>Prueba de pulverización a presión</i>	43
Figura 5 <i>Análisis granulométrico</i>	44
Figura 6 <i>Curva granulométrica</i>	45
Figura 7 <i>Clasificación del suelo</i>	45
Figura 8 <i>Diagrama de fluidez</i>	46
Figura 9 <i>Carta de plasticidad</i>	47
Figura 10 <i>Proctor del material</i>	47
Figura 11 <i>Curva de compactación</i>	48
Figura 13 <i>Bloque de tierra comprimida concavo y convexa</i>	54
Figura 14 <i>Longitud de ladrillo</i>	58
Figura 15 <i>Longitud de ladrillo</i>	59
Figura 16 <i>Longitud de ladrillo</i>	60
Figura 17 <i>Dimensiones de los BTC</i>	64

RESUMEN

La propuesta de esta investigación tuvo el desarrollo de la fabricación de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) con la adición de ceniza de linaza, como alternativa a los ladrillos convencionales, cuyos precios han experimentado un alza. La intención es mitigar la presión económica en la construcción de viviendas, al mismo tiempo que se contribuye a la reducción del impacto ambiental y se optimiza la utilización de recursos agrícolas. Por lo que el propósito central es proponer Bloques de tierra comprimida (BTC) elaborado a base de la adición de ceniza de linaza para ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería. La investigación se enfoca en la elaboración de estos bloques y la evaluación de sus propiedades mecánicas para su aplicación en unidades de albañilería en el distrito de El Tambo. Se adopta un enfoque aplicado, con un diseño de investigación descriptivo- explicativo. Los resultados de la investigación demuestran, que el proceso de fabricación de bloques de albañilería, con la incorporación de ceniza de linaza, cumple estrictamente con las dimensiones establecidas, evidenciando estabilidad dimensional y consistencia en la calidad superficial. Asimismo, se observa que la adición de ceniza de linaza contribuye significativamente a mejorar la resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida, especialmente en combinaciones con un 20% de cemento y un 8% de ceniza de linaza. Los bloques con composiciones de cemento al 7%, 15% y 20%, mezclados con ceniza de linaza en proporciones del 8%, 10% y 12%, demuestran ser aptos para construcciones de albañilería, cumpliendo con normativas internacionales. Entre estas composiciones, aquellos con un 20% de cemento exhiben el mejor comportamiento frente a la erosión, resaltando su resistencia y durabilidad.

Palabras clave: Bloques de tierra comprimida (BTC), ceniza de linaza, resistencia a la compresión, resistencia a la erosión, NTP, NZC.

ABSTRACT

The proposal of this research was the development of the manufacture of Compressed Earth Blocks (CEB) with the addition of linseed ash, as an alternative to conventional bricks whose prices have increased. The intention is to mitigate the economic pressure on housing construction, while contributing to the reduction of environmental impact and optimizing the use of agricultural resources. Therefore, the central purpose is to propose Compressed Earth Blocks (CEB) made from the addition of linseed ash to be used as an element in masonry units. The research focuses on the preparation of these blocks and the evaluation of their mechanical properties for their application in masonry units in the El Tambo district. An applied approach is adopted, with a descriptive-explanatory research design. The results of the research demonstrate that the manufacturing process of masonry blocks with the incorporation of linseed ash strictly complies with the established dimensions, evidencing dimensional stability and consistency in surface quality. Likewise, it is observed that the addition of linseed ash contributes significantly to improving the compressive strength of compressed earth blocks, especially in combinations with 20% cement and 8% linseed ash. The blocks with cement compositions of 7%, 15% and 20%, mixed with linseed ash in proportions of 8%, 10% and 12%, prove to be suitable for masonry constructions, complying with international regulations. Among these compositions, those with 20% cement exhibit the best behavior against erosion, highlighting their resistance and durability.

Keywords: Compressed earth blocks (CEB), linseed ash, compressive strength, erosion resistance, NTP, NZC.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos, la tierra ha sido empleada como material de construcción en diferentes lugares. Sin embargo, durante la mitad del siglo XX, hubo una tendencia global hacia el uso de materiales industrializados en lugar de los tradicionales, lo que llevó a un declive en las técnicas constructivas basadas en la tierra. A partir de la década de 1980, se observa un renacimiento en la valorización de la arquitectura y construcción con tierra en respuesta a diversas necesidades habitacionales. Aunque en algunos lugares esta tendencia ha surgido sin un marco normativo claro, las construcciones con tierra han experimentado un notable incremento en las últimas décadas (Ferreiro, 2022).

Los bloques de tierra comprimida (BTC) ofrecen una alternativa que se alinea con los principios del desarrollo sostenible, ya que implican un bajo consumo energético en la extracción de materias primas, evitan la necesidad de cocción y reducen la dependencia del transporte al utilizar tierra local para su producción. Además, permiten racionalizar el proceso constructivo mediante el uso de bloques modulares, lo que conlleva a una reducción de residuos y desechos, así como ahorros en materiales y mano de obra. Estos bloques también simplifican la instalación de sistemas eléctricos y sanitarios al contar con agujeros que facilitan el paso de cables y tuberías sin necesidad de dañar las paredes (Silveira et al. 2023).

La presente investigación tiene como referencia a investigaciones desarrolladas en España, como el de Romero (2017), en lo cual aborda temas de construcción ecológica para impulsar el avance de una ingeniería sustentable. Por otra parte, investigaciones en Sudamérica, específicamente Chile, Cabrera et al. (2020), mencionan que estos bloques han ganado reconocimiento a nivel mundial por sus ventajas en resistencia y durabilidad, superando a otros métodos tradicionales como la construcción con adobe. Su capacidad para responder a las demandas energéticas y climáticas actuales se fundamenta en el bajo consumo de energía en la extracción de materias primas y su potencial para reducir el uso de cemento, un material asociado a altas emisiones de CO₂.

A raíz del antecedente se propone la elaboración de bloques de tierra comprimida (BTC) con la adición de la ceniza de linaza, cuyo objetivo general es “Proponer bloques de tierra comprimida (BTC) con la adición de ceniza de linaza para ser utilizado como un elemento

en unidad de albañilería”, como material sostenible para cubrir necesidades actuales y futuras en la sociedad, para ello se empleará los residuos de la ceniza de linaza, tierra, arena, cemento y otros. Para ello se realizará ensayo para determinar las propiedades mecánicas del ladrillo tales como: resistencia a la compresión, resistencia a las características f^b , f^m , efectos que produce los especímenes, con ello lograr un bloque adecuado para uso como elemento estructural en unidades de albañilería.

La base de este estudio, como ya mencionaron los anteriores autores, es plausible debido a que presenta un bajo costo a diferencia de los ladrillos, asimismo en lo ambiental, el nivel de contaminación que existe en la actualidad por desechar y quemar los desechos de la linaza, las consecuencias de ello el planeta sufre cambios climáticos, el impacto ambiental viene presentando cambios sustanciales, muchas industrias no tienen consideración con un plan de protección y cuidado del medio ambiente, por lo tanto existe una necesidad de desarrollar productos sostenibles con el medio ambiente, una alternativa son los BTC, tienen un impacto positivo, reduce el nivel dióxido de carbono, se va reducir el nivel de contaminación porque existe una gran cantidad de la planta de linaza que son quemados y no le dan buen uso.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

A nivel universal, el sector de la construcción enfrenta un desafío creciente en la búsqueda de soluciones sostenibles que reduzcan el impacto ambiental y promuevan el uso eficiente de recursos. En diversas partes del mundo, la adopción de materiales ecológicos ha tomado fuerza, con enfoques que buscan disminuir el consumo energético y el uso de insumos industriales. El Bloque de Tierra Comprimida (BTC) se posiciona como una alternativa que aprovecha materiales locales y estabilizantes naturales, ofreciendo una opción más sostenible y con menor huella ambiental en comparación con los materiales tradicionales, como el concreto y el ladrillo (Toguyeni et al., 2018).

A nivel regional, América Latina enfrenta problemas similares en cuanto al uso de materiales tradicionales en la construcción, como el adobe y el tapial, que, aunque son opciones económicas y accesibles, presentan limitaciones en términos de resistencia estructural, especialmente en zonas de alta actividad sísmica. La falta de adopción de tecnologías constructivas sostenibles, como el BTC, sigue siendo un obstáculo para promover construcciones más seguras y eficientes. A esto se suma el aumento en los costos de los materiales convencionales, lo que hace urgente la búsqueda de alternativas que sean tanto económicamente accesibles como medioambientalmente responsables (Angulo y Carreño, 2017).

A nivel nacional, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018) reporta que alrededor del 27.9% de las viviendas utilizan adobe o tapia, materiales que presentan grandes riesgos en zonas sísmicas. Además, los precios de materiales de construcción tradicionales, como el ladrillo, han registrado un incremento considerable, lo que ha encarecido el costo de las viviendas. En este contexto, el BTC surge como una opción viable para mitigar estos problemas, ya que se trata de un material que no solo reduce costos,

sino que también contribuye a reducir el impacto ambiental al utilizar materiales locales y estabilizantes naturales, como la ceniza de linaza (Montes, 2018).

A nivel local, en el distrito de El Tambo, Huancayo, aproximadamente el 16% de las viviendas están construidas con adobe o tapial, lo que las hace vulnerables frente a eventos sísmicos. Ante la creciente demanda de viviendas en la zona, los habitantes buscan materiales de construcción que sean económicos y accesibles. El BTC, reforzado con la adición de ceniza de linaza, no solo ofrece una alternativa más económica y sostenible, sino que también mejora las propiedades mecánicas del material, haciendo que las viviendas sean más seguras y con menor impacto ambiental. Además, esta propuesta aprovecha un recurso local, como la ceniza de linaza, contribuyendo a su reutilización y disminuyendo los desechos agrícolas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo afecta la adición de ceniza de linaza a las propiedades mecánicas de los bloques de tierra comprimida (BTC) y su viabilidad como elementos estructurales en unidades de albañilería?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el proceso para elaborar especímenes de albañilería basados en la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) para unidades de albañilería?
- ¿Cuál será el porcentaje óptimo de adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizados como elemento en unidades de albañilería para mejorar la resistencia a la compresión?
- ¿Cuál será el porcentaje adecuado de adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizados como elemento en unidades de albañilería para mejorar la resistencia a la erosión?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Proponer Bloques de tierra comprimida (BTC) con adición de ceniza de linaza para mejorar sus propiedades mecánicas y ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería.

1.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar los especímenes de albañilería en base a la adición de la ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) para unidades de albañilería
- Determinar el porcentaje de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería para mejorar resistencia a la compresión.
- Determinar el porcentaje de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería para mejorar la resistencia a la erosión.

1.4. Justificación e importancia

La propuesta de bloques de tierra comprimida (BTC) con la adición de ceniza de linaza responde a una necesidad social urgente en el distrito de El Tambo, Huancayo, donde la demanda de viviendas asequibles y sostenibles es alta. Esta iniciativa ofrece una solución inclusiva al proporcionar una alternativa de construcción más económica y accesible para la población local, lo que mejorara significativamente las condiciones de vida de las comunidades al permitirles construir viviendas con estándares de seguridad óptimas. Además, al promover el uso de recursos locales y la reutilización de residuos agrícolas, como

la ceniza de linaza, se fomenta la economía circular y se fortalece la resiliencia de las comunidades frente a los desafíos ambientales y económicos.

Desde una perspectiva ambiental, la adopción de bloques de tierra comprimida con ceniza de linaza tiene un impacto positivo al reducir la dependencia de materiales de construcción convencionales que requieren altos niveles de energía para su producción y transporte. Además, al utilizar la ceniza de linaza como un subproducto agrícola, se desvía un residuo que de otra manera contribuiría a la contaminación del aire y del suelo, promoviendo así la conservación de recursos naturales y la preservación de los ecosistemas locales. Esta alternativa sostenible en la construcción también fomenta una cultura de respeto hacia el medio ambiente y promueve la adopción de prácticas más responsables en el sector de la construcción.

Se justifica técnicamente, ya que la propuesta se basa en evidencia científica y en experiencias previas exitosas. Los estudios han demostrado que los bloques de tierra comprimida ofrecen niveles de resistencia y durabilidad. La adición de ceniza de linaza como estabilizador puede mejorar las propiedades mecánicas de los bloques, como su resistencia a la compresión y erosión. La metodología propuesta incluye la realización de ensayos para caracterizar las propiedades mecánicas de los bloques y garantizar su cumplimiento con los estándares de calidad y seguridad establecidos por las normativas de construcción, asegurando así que sean adecuados para su uso como elementos estructurales en unidades de albañilería.

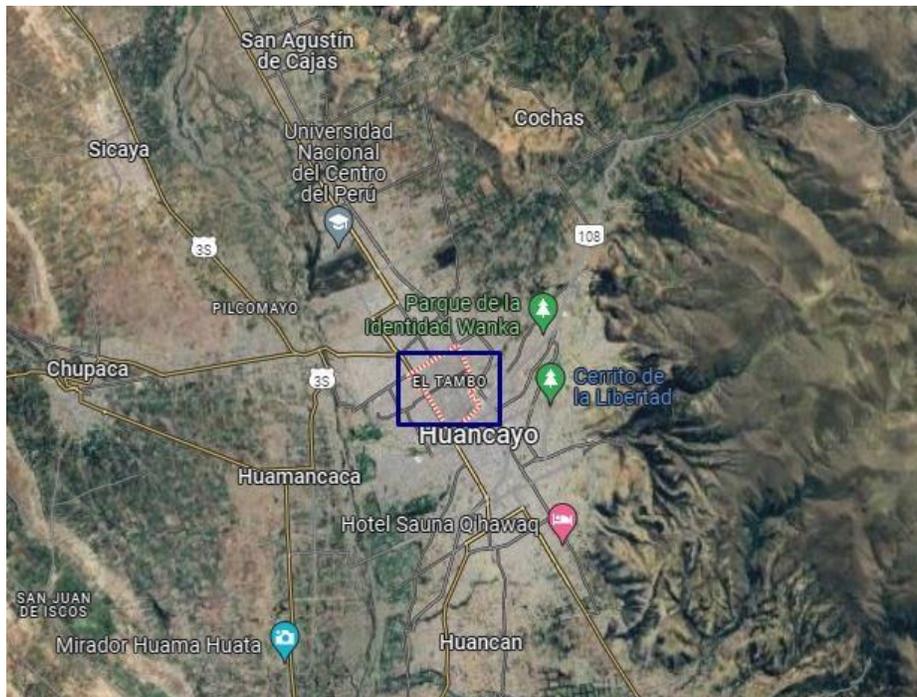
Importancia

Este trabajo de investigación está dirigido a determinar la influencia de cada variación porcentual de la ceniza de linaza en las propiedades mecánicas de los bloques de tierra comprimida (BTC) permitiendo establecer la dosificación óptima de las cenizas que dé como resultados el mayor incremento en las propiedades mecánicas.

1.5. Delimitación del proyecto

El presente proyecto se encontrará establecido en el distrito del Tambo-Huancayo, sin embargo, para la toma de información será necesario la toma y recolección de datos de la población y fábricas de ladrillo de la zona.

Figura 1. Zona de estudio



El desarrollo de esta propuesta de investigación se desarrolló en el periodo de agosto del 2023, teniendo en cuenta la recolección de datos en un cambio continuo.

1.6. Hipótesis y variables

1.6.1. Hipótesis general

Los bloques de tierra comprimida (BTC) con adición de la ceniza de linaza mejorará sus propiedades mecánicas y podrá ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería.

1.6.2. Hipótesis específicos

- Se logrará elaborar los especímenes de albañilería en base a la adición de la ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) para unidades de albañilería.
- El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la compresión.
- El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la erosión.

1.7. Variables

1.7.1. Variable independiente

La variable independiente: Adición de la ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC).

1.7.2. Variable dependiente

La variable dependiente es: Mejora de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida (BTC).

Tabla 1. Matriz de operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
V. I: Adición de la ceniza en los bloques de tierra comprimida (BTC)	La variabilidad independiente "Adición de la ceniza en los bloques de tierra comprimida (BTC)" se refiere a la introducción deliberada de ceniza de linaza en la mezcla utilizada para fabricar bloques de tierra comprimida (BTC). Esta adición se realiza con el propósito de evaluar como la presencia de ceniza de linaza afecta las propiedades físicas y mecánicas de los resultantes	Se cuantificará la adición de ceniza de linaza en términos de un porcentaje específico incorporado en los bloques, la distribución granulométrica se evaluará mediante análisis específicos, la relación agua/cemento se determinará y se registrarán el tiempo de curado bajo condiciones de curado durante la fabricación de los bloques de tierra comprimida (BTC).	Evaluación integral de la adición de ceniza de linaza en (a/c)	Porcentaje de ceniza de linaza Distribución granulométrica Relación agua/ cemento (a/c) Tiempo de curado Temperatura de curado Resistencia a la compresión	De razón
V.D: Desempeño estructural de unidades de albañilería y optimización de las características físicas y mecánicas de bloques de tierra comprimida (BTC).	Elementos prefabricados de concreto y que se utilizan como solución en la construcción de muros estructurales, tabiquería y/o cerramientos. Permiten mayor velocidad y rendimiento en el proceso constructivo generando un ahorro considerable en materiales y mano de obra.	Medición precisa y cuantitativa de la mejora en las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida como resultado de la adición de ceniza de linaza.	Impacto positivo en las características físicas y mecánicas de los bloques resultante de la adición de ceniza de linaza.	Dureza superficial Durabilidad ante la erosión	De razón

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Deulofeuth y Severiche (2019) de la Universidad Cartagena – Colombia, en su investigación “Incidencia de la adición del aserrín fino en las propiedades físicas de los ladrillos de arcilla”, como propósito principal evaluó el impacto de la incorporación de aserrín fino como sustituto de la arcilla en diversas proporciones en las propiedades de los ladrillos, con el propósito de determinar su viabilidad y aplicabilidad en proyectos de construcción. La muestra óptima, identificada a través de pruebas de capacidad de absorción máxima de agua y resistencia a la compresión, se establece como aquella con un 7% de adición de aserrín. Esta muestra exhibe una capacidad de absorción inferior (18,36%) en comparación con otras variantes, y una resistencia a la compresión de 144,9 kg/cm², aproximándose a la muestra estándar. Dichos resultados indican que esta composición satisface los requisitos establecidos por la norma NTC-4017, que regula la producción y colocación de ladrillos de mampostería, al demostrar una resistencia a la compresión superior a las demás muestras.

Jaramillo (2019) de la Universidad de La Salle, en su investigación “Propuesta de alternativas para el aprovechamiento del ladrillo como rcd en Colombia – Estudio de caso de Bogotá”, como propósito general desafío plantear alternativas para la reutilización del ladrillo en el marco de la economía circular en Colombia, se encontró con una dificultad destacada en el informe. Se observó que el ladrillo, considerado como residuo de construcción y demolición y clasificado como material pétreo, generaba complicaciones para establecer con precisión la cantidad de ladrillos dispuestos. Esto se debía a su mezcla con otros materiales de mampostería, como cerámicas o residuos de cemento, dificultando la evaluación exacta de su disposición. Por ende, sugirió estrategias que pudieran superar esta

problemática, tales como la implementación de sistemas avanzados de separación y clasificación en los lugares de gestión de residuos. También se propuso fomentar centros de reciclaje especializados en la recuperación específica y tratamiento adecuado de ladrillos. Se recomendó activamente promover el uso de ladrillos reciclados en nuevas construcciones, respaldando la producción y comercialización de estos materiales renovados para impulsar la economía circular y la sostenibilidad en el sector de la construcción colombiano.

Sánchez & Valero (2020) en su tesis “Los bloques de tierra comprimida (BTC) modificados como un modelo óptimo de construcción sostenible en reemplazo de los bloques de arcilla cocida tradicional”, llevaron a cabo una revisión de la literatura sobre los BTC estabilizados con el propósito de evaluar sus posibles ventajas en comparación con los ladrillos, especialmente en el contexto del Norte de Santander. De acuerdo con la norma UNE 41410, los BTC tienen la capacidad de alcanzar una firmeza superior a los 5 MPa. Sin embargo, tras analizar la investigación del autor, se observó que las resistencias a compresión variaban entre 1.17, 1.50, 2.00 y 6.00 MPa según los estudios de Arteaga et al. (2011), Gutiérrez (2011), Molina (2017) y Bartolomé (2010). La conclusión obtenida fue que es factible construir viviendas de hasta dos pisos utilizando BTC.

Rivera et al.(2020) de la Universidad de Valle Colombia, en su artículo científico “Bloques de suelo comprimido y estabilizado con cementos activados alcalinamente a base de cenizas volantes”, señalan que las propiedades físico-mecánicas del material compactado, bloques de tierra (CEB), se estabilizan con un cemento sostenible activado alcalinamente, completamente producidos a partir de desechos y residuos, incluidas las cenizas volantes de carbón y los desechos de vidrio (de la producción de lentes oftálmicas) activado con una solución alcalina resultante de la industria del aluminio. Se utilizó una arcilla limosa común portuguesa como esqueleto mineral del bloque, que luego fueron evaluados en base a los protocolos de la norma UNE 41410 y DIN 189-estándares. Los resultados evidenciaron la efectividad del agente cementante alcalino en formando una matriz de unión para las partículas del suelo, y el material resultante se usó para fabricar los elementos de mampostería a base de tierra. Después de una cuidadosa optimización del aglomerante

sostenible, una resistencia a la compresión promedio de 17,23 MPa, en condiciones no saturadas, se obtuvo para los bloques. La estructura aglutinante del suelo recién formada era muy capaz de resistir los ciclos de humectación y secado, los ciclos de hielo-deshielo y la erosión. La microestructura de los materiales se analizó más a fondo, utilizando microscopía electrónica de barrido y energía dispersiva. Los resultados demostraron la posibilidad real de utilizar este tipo de cemento como alternativa viable a los aglutinantes de estabilización de suelos tradicionales utilizados en la construcción con tierra.

Coque & Lechon (2021) de la Universidad de Quito, su investigación se enfocó en desarrollar un concreto armado de alta resistencia tipo I, evaluando tanto la presencia como la ausencia de ceniza de cascarilla de trillo y paja de trigo con el objetivo de mejorar las características físicas y mecánicas del material. Según los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, la dosificación estándar mostró una resistencia a la compresión de 65.60 MPa después de 28 días de curado. Las muestras con sustitución del 2.5% y 5.0% de cascarilla de trigo presentaron resistencias de 57.18 MPa y 58.89 MPa, respectivamente. Por otro lado, las muestras con sustitución de ceniza de paja de trigo al 2.5% y 5.0% exhibieron resistencias de 58.89 MPa y 63.78 MPa, respectivamente. La conclusión principal fue que el concreto tipo I (con resistencia de 50-74.99 MPa) con un reemplazo del 2.5% de ceniza de cascarilla de trigo en relación al cemento mostró mejoras en las propiedades mecánicas, destacando la ceniza por su capacidad para retardar el fraguado del concreto.

2.1.2. Antecedentes nacionales

De acuerdo Chávez & Medina (2020) de la Universidad Nacional de San Martín, en su investigación “Diseño de bloque de tierra comprimida estabilizado con cemento, como material sostenible, para el uso en la construcción de viviendas rurales en la provincia de San Martín, Región San Martín”, examinaron la tierra proveniente de los bancos Mirador Lagartococha, Nueva California y Catachi, y se observó que el suelo del Mirador exhibió resultados superiores en plasticidad, densidad y humedad. Además, se emplearon distintas proporciones de cemento (6%, 8%, 10% y 12% del peso) para evaluar su impacto, concluyendo que la proporción del 10% de cemento mostró las mejores características. Los

Bloques de Tierra Comprimida (BTC) elaborados con 0% y 10% de cemento lograron resistencias a la compresión a los 14 días de 30.20 y 76.96 kg/cm², respectivamente. Como resultado, se dedujo que la adición del 10% de cemento al suelo proveniente de la cantera Mirador Lagartococha incrementa significativamente la resistencia a la compresión de los bloques.

Zavaleta (2021) de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en su investigación “Reforzamiento estructural para muros construidos con bloques estabilizados de tierra comprimida: metodología para análisis experimental”, propuesto en su investigación analizar alternativas en sistemas constructivos para regiones sísmicas, centrándose específicamente en la evaluación de la albañilería utilizando bloques estabilizados de tierra comprimida (BTCE). Este análisis se realizó mediante la aplicación de una metodología propuesta para la caracterización mecánica de sistemas de refuerzo. Los resultados obtenidos demostraron la eficacia de dicha metodología al lograr morteros óptimos que cumplen con los requisitos necesarios en términos de resistencia y compatibilidad, abarcando aspectos como la trabajabilidad y adherencia con sistemas de albañilería de BTC-E. El proceso de desarrollo del mortero involucró la mejora de las propiedades físicas del suelo base a través de la adición de un 30% de arena. La etapa de estabilización se ejecutó en dos fases, y se determinó que el 20% de cemento era el porcentaje óptimo que satisfacía los requisitos de resistencia establecidos. Los morteros resultantes exhibieron resistencias a la compresión y esfuerzos de flexión superiores a los valores mínimos requeridos. Asimismo, se llevó a cabo una evaluación de la resistencia al agua, concluyendo que los morteros estabilizados mostraron propiedades hidrófobas y, por ende, se consideraron aptos para su aplicación en construcción. La validación final se centró en la idoneidad de la metodología para la producción de sistemas de refuerzo en construcciones de albañilería con BTC-E en zonas sísmicas.

Castromonte (2021) de la Universidad César Vallejo, en su investigación “Incorporación del mucílago de Nopal y su efecto en las características físicas-mecánicas del adobe prensado en Chacas-Ancash-2020”, evaluó el impacto de la adición del mucílago de nopal en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del adobe prensado. La

metodología empleada se basó en un diseño experimental que reveló mejoras significativas en el adobe prensado después de la incorporación de este aditivo natural, superando incluso los parámetros mínimos establecidos en normativas como la E 0.80, que establece una resistencia a la compresión mínima de 10.2 kg/cm². Asimismo, se observaron mejoras notables en parámetros físicos, como la succión y absorción, especialmente en porcentajes de adición que oscilan entre el 30% y el 55%. Las adiciones de mucílago de nopal del 5% y 55% condujeron a incrementos de resistencia de 2.70 kg/cm² y 8.83 kg/cm², respectivamente, en comparación con el adobe patrón de 19.50 kg/cm². También se analizó la resistencia a la erosión, observándose una tendencia descendente a medida que aumentaba el porcentaje de mucílago de nopal. Los resultados indicaron mejoras en la resistencia a la erosión con valores numéricos de 27.00 mm, 25.54 mm, 24.08 mm, 17.20 mm y 9.46 mm para los porcentajes del 0% (patrón), 5%, 10%, 30% y 55%, respectivamente. Se concluyó que la adición de mucílago de nopal aporta de manera positiva a las características mecánicas del adobe prensado.

Gaitán (2022) de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, en su investigación titulada “Evaluación de bloques de tierra comprimida (BTC) con fines de albañilería, Tacabamba, Chota”, tuvo como objetivo central realizar una caracterización física y mecánica de bloques de tierra comprimida (BTC) fabricados con suelo de las canteras Succhapampa, Cumpampa y La Laguna, ubicadas en el distrito de Tacabamba. El propósito era verificar su cumplimiento con los estándares de resistencia a la compresión establecidos en la norma E.080 (MVCS, 2021) y la norma UNE 41410 (2008). Para ello, se utilizaron diez BTC de dimensiones 28 x 14 x 7.5 cm para el ensayo de resistencia a la compresión, con un total de 35 bloques elaborados con el suelo de cada cantera. En total, se fabricaron y ensayaron 105 BTC en un enfoque aplicado con un diseño experimental. Los resultados indicaron que los BTC fabricados con suelo de las canteras mencionadas son un 69.70%, 70.10% y 69.61% más resistentes que un adobe de 10.20 kg según la norma E.080 (MVCS, 2021), y un 30.64%, 30.94% y 30.56% más resistentes que un BTC tipo 1 de 13.5 kg según la norma UNE 41410 (2008). Sin embargo, son un 13.45%, 13.25% y 13.50% menos resistentes que un bloque de albañilería de 20 kg según la norma E.070 (MVCS, 2021).

Aunque cumplen con los estándares de la norma E.080 (MVCS, 2021) y UNE 41410 (2008), no cumplen con la norma E.070 (MVCS, 2021). En términos de costos, el BTC (0.37 soles) representa el 48.26% del costo de un adobe (0.76 soles). Además, si se construyera 1 m² de muro de adobe y BTC, los costos serían 40.22 y 37.85 soles, respectivamente, lo que sugiere que los BTC pueden ser utilizados como sustitutos del adobe en viviendas rurales.

Por último, Sernaqué (2020) se centró en un diseño experimental cuantitativo para la creación de bloques de tierra comprimida (BTC) con la incorporación de residuos de construcción y demolición (RCD). Utilizando suelo proveniente del distrito de Tambogrande, se llevaron a cabo tres dosificaciones con variaciones en el contenido de arcilla y arena, aplicando una estabilización suelo-cemento con un 15% de adición. Se analizaron ocho bloques por dosificación, realizando ensayos de resistencia a la compresión y absorción. La clasificación del suelo según SUCS fue ML (limos arcillosos) y según AASHTO A-7-6(15) (suelo arcilloso). El bloque que demostró mejor comportamiento ante esfuerzos de compresión estuvo compuesto por 20% de suelo, 65% de arena y 15% de cemento (BTC1). El bloque que empleó RCD como reemplazo del agregado tradicional alcanzó una resistencia de 52 kg-f/cm², superando los requisitos normativos para uso estructural. Además, en el análisis de costos, se demostró que el BTC con RCD es más económico que aquel que utiliza agregados tradicionales, proporcionando una alternativa sostenible y rentable en la construcción de unidades de albañilería sin la necesidad de cocción, favoreciendo la economía circular. Se destaca el uso de una máquina compresora tipo CINVA RAM en el proceso de elaboración de los bloques.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ladrillo ecológico

Ladrillos construidos con materiales que no degradan el medio ambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales cuya fabricación y materiales no es tan inocua.

El ladrillo ecológico es un nuevo material sustentable que se elabora a partir de residuos inorgánicos, como plásticos reciclados. Este tipo de ladrillo tiene propiedades físicas y mecánicas que cumplen con los estándares establecidos en normas colombianas, peruanas y chilenas. Además, se ha demostrado que el uso de plástico reciclado en la fabricación de estos ladrillos reduce la absorción de agua en un 22.6% en comparación con los ladrillos convencionales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el peso de los ladrillos ecológicos puede incrementarse debido al uso de plástico reciclado. En conclusión, los ladrillos ecológicos son una opción viable y de calidad para la construcción, que además contribuye positivamente al medio ambiente mediante el reciclaje de plástico (Gareca et al., 2020)

Tipos de ladrillos ecológicos:

Los ladrillos ecológicos se destacan por los materiales utilizados en su construcción. Se han propuesto diversas alternativas de ladrillos que incorporan distintos componentes, entre los cuales se incluyen (Stretto Colombia, 2022):

- Ladrillos de ceniza de carbón

Ecoblac, producido por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, que utiliza ceniza de carbón, grava, y cemento a temperatura ambiente, combinados con hidróxido de sodio, cal y arcilla provenientes de los hornos de fábricas de papel. Estos ladrillos, conocidos por su economía de producción, han sido probados en proyectos en India y Palestina.

- Ecoladrillos compactados

Creados con botellas plásticas rellenas con residuos de empaques. En Colombia, estudiantes y docentes de la Universidad de Medellín desarrollaron una máquina patentada para facilitar su compactación, asegurando su solidez.

- Los ladrillos de plástico reciclado o PET

Utilizados tanto en muros exteriores como interiores, se fabrican con partículas de botellas plásticas recicladas, aglomeradas con cemento y aditivos. Su elaboración manual contribuye a su carácter ecológico.

- Los ecoladrillos de cáñamo y paja

Son empleados en construcciones debido a sus propiedades como aislante térmico, capacidad de regulación de humedad y resistencia al fuego. Estos ladrillos versátiles son aplicables tanto en remodelaciones como en nuevas construcciones.

2.2.2. BTC

Los BTC son bloques de construcción macizos y uniformes, de tierra cruda comprimida, adecuados para cualquier tipo de edificación, ya sea de uso administrativo, sanitario, religioso, residencial, docente o cultural. Con los BTC se pueden realizar distintos tipos de fábricas de albañilería, estructuralmente resistentes y con características térmicas, acústicas y bioclimáticas especiales.

El empleo de bloques de tierra comprimida (BTC) como material de construcción está atrayendo interés debido a su abundancia, costos accesibles y propiedades de aislamiento térmico y acústico. La resistencia a la compresión y la porosidad de los BTC pueden mejorarse mediante la estabilización con cemento u otro material ecológico. No obstante, la durabilidad de estos bloques, especialmente en términos de resistencia a la erosión y absorción, es una preocupación clave que debe ser abordada. Esto adquiere especial relevancia en áreas propensas a deslizamientos de tierra, donde el uso de BTC podría potencialmente agravar dicho problema (Jiménez & Domínguez, 2014).

2.2.3. Unidad de albañilería

Se designa como ladrillo a una entidad cuyas dimensiones y peso permiten su manipulación con una sola mano, mientras que se denomina bloque a una unidad que, debido a sus dimensiones y peso, requiere el uso de ambas manos para su manejo. Esta normativa hace referencia a las unidades de albañilería elaboradas a partir de arcilla, sílice-cal o

concreto como materias primas. Estas unidades, que incluyen ladrillos y bloques, pueden presentar características como solidez, huecos, alveolares o tubulares, y tienen la posibilidad de ser fabricadas de forma artesanal o industrial (RNE, 2019)

2.2.4. Propiedades físicas y mecánicas

2.2.4.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es una medida de la capacidad de un material para resistir fuerzas que tienden a comprimirlo o reducir su volumen. En el contexto de la construcción, particularmente en el caso de la fábrica de ladrillo, la resistencia a la compresión se refiere a la capacidad del material, en este caso, el ladrillo o la estructura de ladrillo, para soportar cargas que actúan en dirección opuesta, tendiendo a reducir su tamaño o comprimirlo. Se mide en unidades de presión, como N/mm^2 (Newton por milímetro cuadrado) o en otras unidades equivalentes. La resistencia a la compresión es una propiedad importante para evaluar la idoneidad y la seguridad de los materiales utilizados en la construcción (Rolando, 2006)

La resistencia a la compresión en piezas de ladrillo tolete macizo de arcilla cocida (f'_{cu}) tiene una variación en la resistencia que oscila entre 13.36 a 39.50 Kg/cm^2 (promedio 23.93 MPa, coeficiente de variación (COV, 0.56).

2.2.4.2. Granulometría

La granulometría se refiere a la composición en porcentaje de distintos tamaños de agregados en una muestra. Este aspecto impacta en propiedades clave del hormigón, como resistencia y durabilidad. Métodos tradicionales de diseño de mezclas se basan en la granulometría, buscando una distribución óptima para minimizar el uso de cemento. Una granulometría corrida, desde el tamaño máximo de la piedra hasta la partícula más fina de arena, favorece mezclas eficientes. La granulometría puede variar debido a factores como mineralogía y proceso de obtención, y se debe corregir ante problemas (Toirac, 2012).

Tamizado

Según la Norma ASTM D422 se realizar el ensayo granulométrico se emplea una secuencia de mallas el porcentaje que pasa representa las ordenadas y las mallas son las abscisas.

Tabla 2 Tamices aberturas

TAMICES ABERTURA (mm)	
3"	75,000
1 ½"	38,100
¾"	19,000
3/8"	9,500
N° 4	4,760
N° 8	2,360
N° 16	1,100
N° 30	0,590
N° 50	0,297
N° 100	0,149

Fuente. MTC (2016) Manual de ensayo de materiales.

La tabla de los tamices de abertura es de importancia porque se empleó en el tamizado de la ceniza que utilizó la malla N^a 16 (1,100mm) y luego la malla N^o200 (0.075 mm), en el tamizado de la tierra se utilizó la malla N^a 4(4,760mm) antes de someterlo a la prensadora manual.

2.2.4.3. Índice de plasticidad

El índice de plasticidad se define como la diferencia entre los límites líquido y plástico de un suelo, siendo una medida clave para evaluar su plasticidad y comportamiento frente a la humedad. Se han establecido métodos estandarizados para calcular este índice, facilitando la clasificación y comprensión de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Su relevancia destaca en estudios geotécnicos e ingeniería civil, donde se utiliza para determinar la idoneidad del suelo en aplicaciones constructivas y prever su respuesta a cambios en la humedad (Duarte, Álvarez y Gallardo, 2020).

Suelo plástico

Se refiere a suelos que exhiben una alta plasticidad, lo que significa que tienen la capacidad de deformarse y cambiar de forma sin perder cohesión. se centran en métodos para estabilizar suelos arcillosos altamente plásticos, con un enfoque particular en el uso de polímeros como agentes estabilizadores. Otros, exploran la evolución de la comprensión de los suelos, incluida su función en los ecosistemas y los desafíos asociados con la gestión de residuos (Castro, Melo y Angulo, 2019).

2.2.5. Cenizas de fondo

La ceniza es resultante de la quema de la planta de ceniza, esta planta proveniente de las cosechas de los agricultores podemos encontrar en varios departamentos del Perú como en: Junín, Ayacucho, Huancavelica, Arequipa y otras regiones. Esta planta tiene varias propiedades presentes en la ceniza. Hay antecedentes que utilizaron la ceniza de otras plantas lo cual dio resultados positivos y un buen aporte a la ingeniería. El porcentaje de la adición de cenizas es de 8% ,10% y 12% con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica de las mezclas:

- **Composición química:** La ceniza normalmente se encuentra mezclado con impurezas con otros residuos de otros materiales orgánico inquemado, para la presente investigación se está empleando la ceniza pura de linaza porque ha pasado un proceso de selección de las plantas para evitar alteración en los ensayos. A continuación, se muestra la tabla 3 donde se aprecia la composición química de las variedades de cenizas volantes y fondo.

Tabla 3. *Análisis químicos de cenizas volantes de diferentes tipos de biomas*

Composición química (%)	Cemento	Cenizas volantes	Cenizas de cenicero o de fondo
SiO₂	20.9	50.5	52.2
Al₂O₃	4.3	28.9	27.5
Fe₂O₃	3.5	4.7	6
CaO	62.7	5	5.9
MgO	1.9	1.8	1.7
SO₃	3.4	0.21	0.13
K₂O	0.9	0.8	0.57
Ti₂O₅	0.25	1.56	1.53
P₂O₅	0.1	0.76	0.74
Perdida por calcinación	3.69	3.6	1.8
Residuo insoluble (Método del Na₂CO₃)	1.04	71.3	75.7
Cl⁻	0.023	0	0.001

Fuente. Gameli (2004) Aplicación de residuos de la quema de biomasa en conglomerados

2.2.5.1. Obtención de la ceniza de linaza

La ceniza de linaza se obtiene mediante la recolección de las plantas secas de linaza, que los agricultores suelen desechar, y posteriormente sometiéndolas a quemado. Este proceso resulta en la obtención de la ceniza de linaza. En el valle del Mantaro, existe una gran producción de esta planta que no se aprovecha debidamente debido al desconocimiento de los agricultores sobre sus potenciales usos alternativos. Por ende, se propone emplear la ceniza de linaza en los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), ya que su adición podría mejorar sus propiedades y ofrecer una aplicación útil y sostenible para este material de construcción.

Figura 2 *Selección de linaza*



Figura 3. *Selección y almacenamiento de ceniza de linaza*



En la figura 2 podemos apreciar la planta de linaza que se está tomando como aditivo en la fabricación de BTC, mientras que en la figura 3 se evidencia el proceso de selección y recolección de la ceniza de linaza a emplearse.

Las actividades de las fábricas de ladrillo artesanal ubicadas en los distritos de Cochas, Palián, San Agustín de Cajas y distritos de Jauja son perjudiciales porque generan contaminación ambiental debido a que los ladrillos artesanales utilizan para el quemado el aserrín, las hojas del eucalipto, las maderas afectando directamente a las plantaciones forestales según datos estadísticos de Minagri en la región Junín.

Tabla 4. *Cantidad de ladrillera artesanales en Huancayo*

Zona	N° de ladrilleras
PALIAN Y CULLHUAS	73
CAJAS Y HUALHUAS	41
SAN PEDRO DE SAÑO Y SAN JERÓNIMO	43
JAUJA (CORMES, HUERTAS Y CONDORSINGA)	34
Total de ladrilleras	191

Fuente: “Indicadores de gestión empresarial en la producción de ladrillo artesanal en Junín- 2013”

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

Según Tamayo (2001), los métodos de investigación pueden valorarse como un conjunto de procedimientos ordenados que permiten orientar la agudeza de la mente para descubrir y explicar una verdad. Su utilidad consiste en que tienden al orden para convertir un tema en un problema de investigación y llevar a cabo la aprehensión de la realidad. La investigación define como un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento. para la presente investigación se aplica el método científico, partiendo de un conjunto de conocimientos generando un problema objeto de la investigación.

Bajos estas condiciones en la presente investigación será aplicado el **método científico**.

3.1.2. Alcances de la investigación

a) Tipo de investigación

El estudio será de tipo aplicada respecto que se centra en estudios previos y brinda una alternativa a los problemas actuales de las localidades en base de conocimientos actualizados (Muñoz, 2018). De igual forma, se realizará en un enfoque cuantitativo analizando los datos mediante un aspecto de medición para cumplir los objetivos propuestos. (Baena Paz, 2018).

b) Nivel de investigación

El nivel es experimental puro porque según Hernández (2014), se realiza bajo un control estricto de todas las variables involucradas. En este caso, se manipuló deliberadamente la cantidad de ceniza de linaza que se añade a los bloques de tierra

comprimida, controlando al mismo tiempo otras variables como el tipo de tierra, la compactación y las condiciones ambientales. Además, las muestras se asignaron aleatoriamente a diferentes grupos experimentales, lo que aseguró que las diferencias observadas en las propiedades de los bloques se debieron exclusivamente a la manipulación de la ceniza de linaza. Esto permitió establecer relaciones claras de causa y efecto, cumpliendo con los principios fundamentales de un diseño experimental puro.

3.1.3. Diseño de la investigación

Se considera de diseño experimental porque busca probar los efectos de la adición de un componente (ceniza de linaza) en una variable dependiente (propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida). En un diseño experimental, el investigador manipula variables para observar cómo afectan el resultado (Vargas, 2009). En este caso, mediante la elaboración de bloques con diferentes proporciones de ceniza de linaza y evaluando su desempeño en comparación con bloques estándar. El estudio implicó la manipulación controlada de condiciones, con el objetivo de generar conclusiones causales sobre la viabilidad del material propuesto.

3.1.4. Población

De acuerdo a la perspectiva de Ñaupas et al. (2018), se entiende como el conjunto integral de todos los componentes bajo examen, ya sean personas, objetos, agrupaciones, eventos o fenómenos, que poseen las características requeridas para ser identificados como tales. En el presente estudio la población está compuesta por 180 unidades de bloques

3.1.5. Muestra

Muestra de la presente investigación está dada por 3 especímenes conformado por los BTC. De los cuales se realizan 3 pruebas para cada uno.

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Esta fórmula es usada para población finita (cuando se conoce el total de unidades de observación que integran), cuyo autor es A.N.Kiaer.

Donde: “n” es el tamaño muestral, “N” es el tamaño de la población, “Z” es el valor de la distribución de Gauss ($z_{\alpha=0.05} = 1.96$ y $z_{\alpha=0.01} = 2.58$), “p” es la prevalencia esperada del parámetro a evaluar que hace mayor el tamaño muestral (en caso de desconocerse $p = 0.5$), “q” es igual a $1-p$, “e” es el error que se prevé cometer (si es del 10% entonces $i=0.1$).

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Observación directa: Este enfoque implica examinar el objeto de estudio en un contexto específico sin intervenir, ni modificar el entorno en el que se encuentra.

Instrumentos

- NTP 399.613: Normas de unidades
- NZS 4298: Materiales y mano de obra para construcciones de tierra.
- NTP 339,128: Método de ensayo para análisis granulométrico
- ASTM D422: Análisis granulométrico por tamizado
- SLS 1282: Ensayo de erosión acelerada
- NTP 339,129: Límites de consistencia
- ASTM D-1557: Proctor modificado

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Materiales

- **Tierra**

Las tierras deseables para la fabricación de ladrillos son aquellas clasificadas como arena arcillosa, arcilla arenosa, y franco arcilla arenosa. Hay cosas importantes para recordar cuando vayas hacer una pared de adobe o simplemente un ladrillo. En ninguna de las categorías de suelo, la proporción de arcilla supera el 30%, siendo la arena el componente principal que nunca cae por debajo del 50%. Idealmente, el adobe está compuesto principalmente por un

70% de arena y un 30% de arcilla.

- **Arena**

La arena a utilizar será arena lavada cernida, libre de residuos orgánicos o presencia de limo. Definiéndose como agregado fino a emplear en morteros y hormigones, la fracción de agregado mineral.

- **Agua**

El agua será añadido a la mezcla responde a las características necesarias para su utilización como mortero, limpia y sin residuos o materiales orgánicos.

- **Cemento**

Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que, mezclada con agua u otra sustancia, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire; se emplea para tapar o rellenar huecos y como componente aglutinante en bloques de hormigón y en argamasas.

- **Material reciclable**

Ceniza de la linaza residuo que surge al quemar las hojas de la ceniza lo cual será empleado para añadir en la elaboración del ladrillo BTC.

Las cenizas es un subproducto que se obtiene de los desechos de la planta de linaza, por la alta producción de esta planta en la agricultura.

Procedimiento de la obtención de ceniza de linaza:

- Recolección de la planta de linaza
- Quemado de la planta linaza
- Recoger la ceniza limpia sin la mezcla de otras materias
- Almacenado de la ceniza en un lugar iluminado
- Tamizado de la ceniza con la malla #200 y malla # 16.
- Almacenado de la ceniza en baldes cerrado´

- Peso de la ceniza en una balanza electrónica con la proporción establecida
- Mezclado de todos los materiales para la elaboración de los BTC
- **Proceso de elaboración del BTC**
 - Etapa 1 Preparación de material
 - Etapa 2 Obtención de granulometría
 - Etapa 3 Prensado de bloques
 - Etapa 4 Proceso de secado
 - Etapa 5 Almacenamiento de los bloques

Características mínimas que se debe tener para la fabricación de las unidades de albañilería BTC

La tierra empleada en la fabricación de los BTC provino de una cantera, clasificada como un limo arcilloso de baja plasticidad “CL ML” con arcilla (caolinita e ilita) con un índice de contracción lineal del 4%. Con intenciones de mejorar la curva granulométrica de la tierra e incrementar así la resistencia a compresión de los BTC producidos, fue mezclada con arena proveniente del río y constituida principalmente por cuarzo (SiO₂).

Equipos

- Maquina manual: que funciona con la fuerza de un operario, para la compactación del bloque, por medio de una palanca.

En la figura 4 se muestra una prensa manual, elaborada en materiales de alta calidad y diseño único creado por La Broqueta BTC, produce un bloque por compresión, tiene opción de hacer el tipo lego, canaleta lego y macizo. Capacidad de producción de 600 a 900 bloques jornada corrida 8 hrs. Capacidad de producción real contemplando proceso completo de 350 a 450 bloques por jornada y tiempos muestras en 8 hrs. Posibilidades de implementar en uso rama Bicosntrucción con una medida de 20x40 y una asesoría para el uso de materiales orgánicos sin cemento del tipo macizo o lego. Especificaciones principales: caja de compresión 3/8 de grosor (no ptr) para uso rudo.

Figura 4. *Máquina QMR2-40*



- Tamiz malla: Utensilio que se usa para separar partes finas de las gruesas, está formado por una tela metálica sujeta a un aro.
- Mezcladora eléctrica: Mezcla todos los componentes de concreto como: cemento, arena, agua.
- Balanza electrónica: Instrumento de pesaje, se compone de un receptor de carga donde se deposita el objeto para medir.
- Cucharón de acero: especie de cucharón de gran tamaño, permite remover los contenidos de un recipiente a otro.
- Baldes: son de plástico sirve para trasladar agua, trasladar mezcla.

3.3.2. Métodos

Se presentan a continuación según las normas establecidas para su aplicación.

- **Análisis granulométrico NTP 339,128 - ASTM D422**

Código: ASTM D422-63(2007) e2 - NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)

Título: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

- **Límites de consistencia NTP 339,129 - ASTM D4318**

Código: ASTM D4318 - 10e1 - NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

Título: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014).

- **Ensayo de los especímenes de los bloques comprimida de tierra (BTC) NTC 399.613**
- **Ensayo resistencia a la compresión de los bloques comprimida de tierra (BTC) NTP 339.613**
- **Ensayo de prueba de erosión – método de rociado a presión NZC 4298**

La prueba estandarizada de presión acelerada para bloques comprimidos de tierra (BTC) conforme a la norma internacional NZS 4298 de Nueva Zelanda consiste en aplicar un rocío continuo sobre la superficie de una muestra de suelo preparada, específicamente sobre un bloque comprimido de tierra con ceniza de linaza, durante un período de una hora o hasta que la muestra sea penetrada, utilizando una presión de 50 kPa. Posteriormente, se evalúa la penetración de la humedad al romper la muestra en la zona de mayor erosión, observando detalladamente la superficie de ruptura, especialmente cuando la muestra tiene un grosor superior a los 120 mm. Los resultados de esta prueba se presentan en la tabla de índices de erosión correspondiente.

Tabla 5. *Índices de erosión del ensayo de erosión por pulverización a presión*

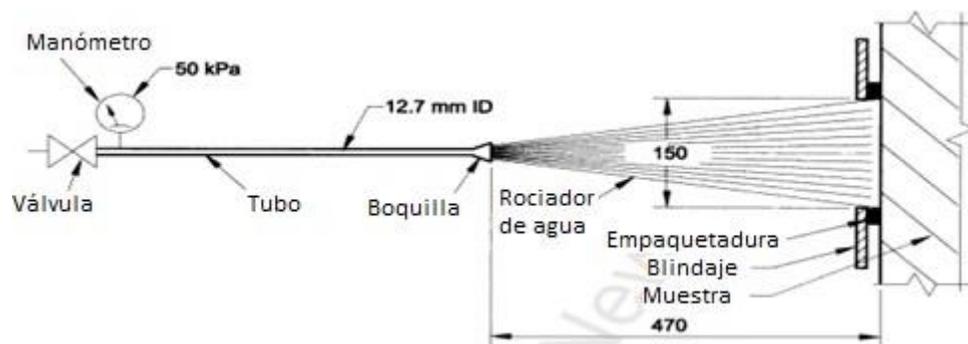
Propiedad	Criterio	Índice de Erodabilidad
	$0 \leq D < 20$	1
Profundidad de erosión D (mm/hr)	$20 \leq D < 50$	2
	$50 \leq D < 90$	3
	$90 \leq D < 120$	4
	$D \leq 120$	5 (Falla)
Profundidad de penetración (romper la muestra inmediatamente después de completar el ensayo anterior) si la muestra, es más gruesa que 120mm	< 120	Pasa
	≥ 120	Falla

El índice de erodabilidad clasifica la muestra según la profundidad de erosión, con valores más altos indicando mayor susceptibilidad. Si la penetración excede los 120 mm en muestras de más de 120 mm de grosor, se considera que la muestra falla en el ensayo. Es una forma rápida de evaluar la estabilidad del material ante la erosión.

Equipos y materiales

- Bloques
- Equipo de erosión acelerada
- Transportado
- Agua

Figura 5. Prueba de pulverización a presión



La imagen muestra las partes y el modo de ensayo para la prueba de pulverización a presión.

Procedimiento

- Colocamos el bloque en el equipo de erosión acelerada de manera horizontal.
- La muestra debe estar curada 28 días antes del ensayo.
- Se deja caer una corriente de agua sobre el bloque por una cañería de un tubo sobre la cara del bloque por 60 minutos, cada 15 minutos, retiramos el bloque para revisar el nivel de perforación que ocasiona el agua.
- Con la varilla de 3mm de diámetro se midió la profundidad que ocasionó la perforación del agua.

3.3.3. Etapas

Etapa 1 Preparación de material

La elaboración del BTC cuenta con procesos desde el tamizado de materiales tales como la ceniza, tierra, arena, En la ceniza se utilizó el tamiz malla #16 y la malla # 200 para encontrar una ceniza bien fina sin granulado.

Etapa 2 Obtención de granulometría

Teniendo la ceniza tamizado pesamos todos los materiales como son: tierra, arena, ceniza, cemento y agua en la balanza electrónica para cada dosificación.

Para la mezcla de los materiales se utilizó una mezcladora eléctrica, en el que se ha tenido que añadir la tierra, cemento, ceniza, arena y por último el agua por un tiempo aproximado de 30 minutos para que se pueda mezclar bien todos los materiales y luego retirar la mezcla en una carretilla.

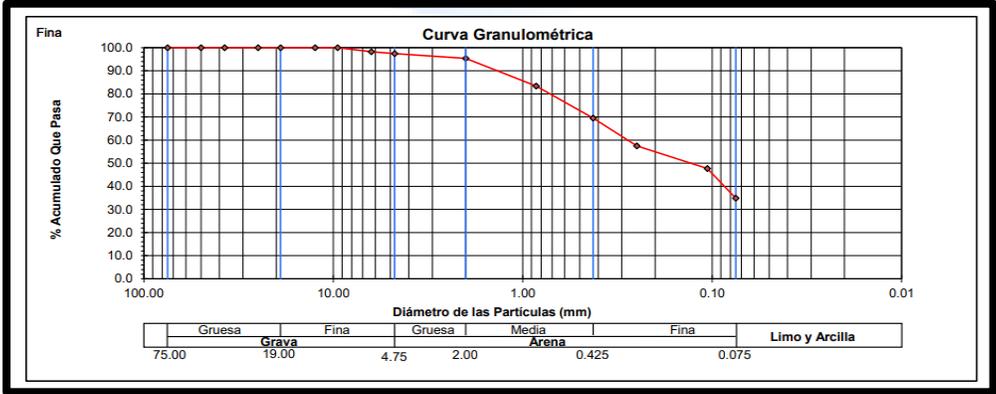
Tenido mezclado los materiales pasamos al proceso de zarandeado con malla: #4 para eliminar algunas partículas grandes y luego utilizar la mezcla en máquina prensadora.

Figura 6. *Análisis granulométrico*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		% ACUMULADO QUE PASA	
75.000	3"	100.00	
50.000	2"	100.00	
37.500	1 1/2"	100.00	
25.000	1"	100.00	
19.000	3/4"	100.00	
12.500	1/2"	100.00	
9.500	3/8"	100.00	
6.300	1/4"	98.27	
4.750	No 004	97.44	
2.000	No 010	95.41	
0.850	No 020	83.46	
0.425	No 040	69.55	
0.250	No 060	57.52	
0.106	No 140	47.68	
0.075	No 200	34.88	
D10 (mm)	0.01	Cu	19.44
D30 (mm)	0.06	Cc	0.94
D60 (mm)	0.29		

El análisis granulométrico revela una distribución de partículas predominantemente finas, con una uniformidad moderada. Los valores de D10, D30 y D60 sugieren una distribución relativamente uniforme, con una ligera tendencia hacia partículas más pequeñas.

Figura 7. Curva granulométrica



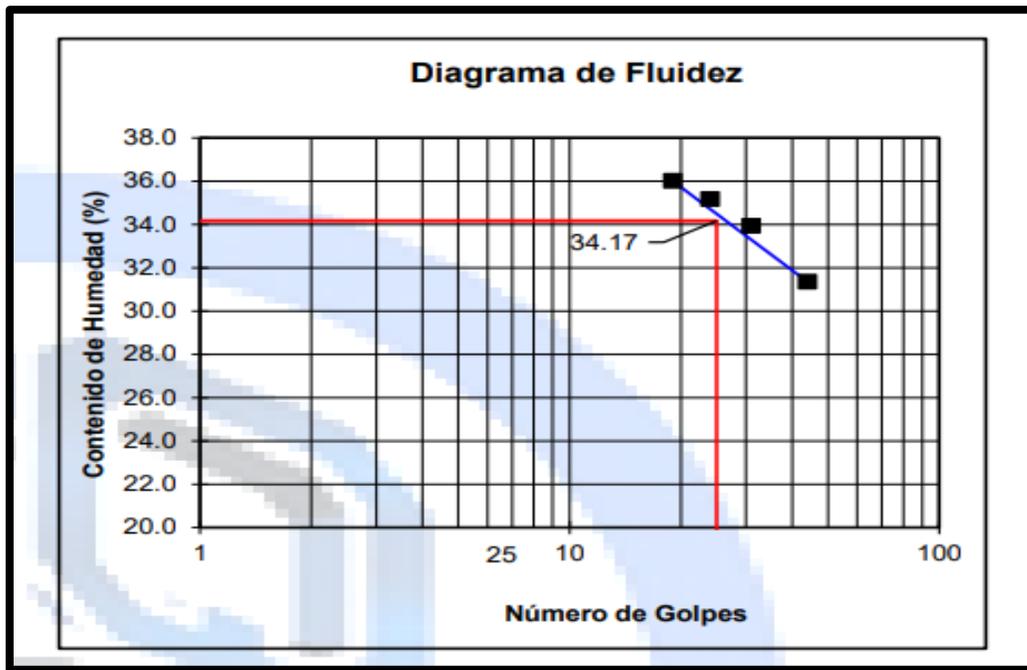
La figura muestra la curva granulométrica que se inclina hacia la parte inferior derecha, indicando una predominancia de partículas más pequeñas. La curva sería moderadamente uniforme, con una ligera curvatura cóncava.

Figura 8. Clasificación del suelo

PESO ESP. RELATIVO DE SOLIDOS (S _s)		-
PESO ESPECIFICO NATURAL (γ) (gr/cc)		-
HUMEDAD NATURAL (ω) (%)		7.09
LIMITE LIQUIDO (LL) (%)		34.17
LIMITE PLASTICO (LP) (%)		18.71
INDICE PLASTICO (IP) (%)		15.47
CLASIFICACION ASHTO		A-2-6 (1)
NOMBRE	ARENA ARCILLOSA	
CLASIFICACION S.U.C.S.		SC

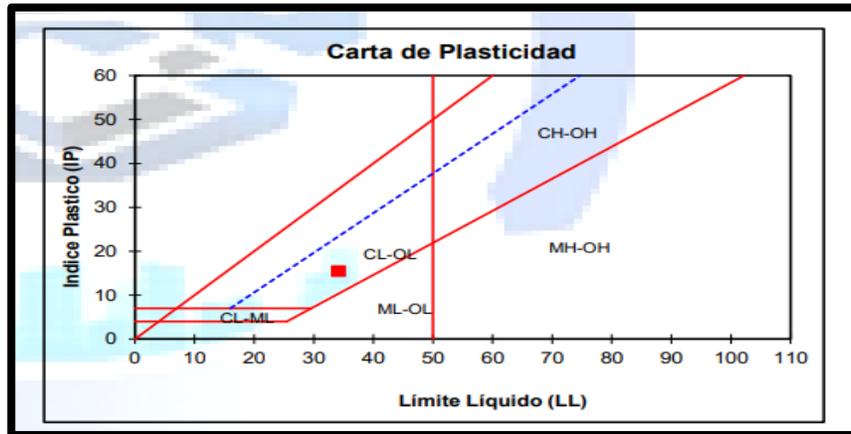
Como se evidencia en los resultados de clasificación de suelos, se evidencia que es SC el cual es arena arcillosa, este tipo de suelo será empleado en los posteriores ensayos para los BTC.

Figura 9. Diagrama de fluidez



El resultado presentado en el diagrama de fluidez refleja la conexión entre el nivel de humedad presente en un material y la cantidad de golpes necesarios para compactarlo utilizando una cazuela de bronce.

Figura 10. Carta de plasticidad



En la figura mostrada de la carta de plasticidad se muestra el LL vs el IP, el cual evidencia que es un suelo CL (Arcillas de baja compresibilidad).

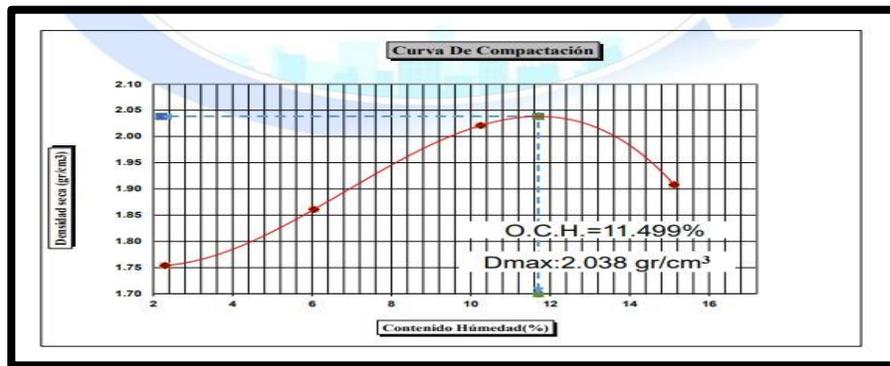
- Proctor del material

Figura 11. Proctor del material

Molde No:	1				DESCRIPCIÓN: MATERIAL PARA BTC
Volumen Molde(cm3):	945				Método de Compactación:
ASTM - D-1557 PROCTOR MODIFICADO					Método:
					"A"
Peso[Suelo+Molde](gr)	3440	3610	3850	3820	
Peso Molde(gr)	1748	1748	1748	1748	
P _{sh} Compactado(gr)	1692	1862	2102	2072	
Densidad Húmeda(gr/cm3)	1.791	1.970	2.224	2.193	
Tara No	T-11	T-11	T-4	T-18	
Peso[S _{húmedo} +Tara] (gr)	85.84	81.96	86.03	93.71	
Peso[S _{seco} +Tara](gr)	84.83	79.47	81.71	86.31	
Peso Tara(gr)	36.72	36.90	38.73	36.71	
Peso Agua(gr)	1.01	2.49	4.32	7.40	
Peso S _{seco} (gr)	48.11	42.57	42.98	49.60	
C.H.(%)	2.10	5.85	10.05	14.92	
Densidad Seca(gr/cm3)	1.754	1.861	2.021	1.908	

Presenta los resultados del ensayo proctor modificado realizado en un material para bloques de tierra comprimida (BTC). Se muestran los datos de compactación, incluyendo el peso del suelo y el molde, así como la densidad húmeda y seca obtenida en diferentes etapas del proceso.

Figura 12. Curva de compactación



La densidad seca aumenta al principio a medida que aumenta el contenido de agua, hasta que alcanza un punto máximo de 2.038 gr/cm³.

Etapa 3 Proceso de elaboración del BTC

- Dosificación 7%

Tabla 6. Dosificación a 7% para la elaboración del BTC

Suelo	34,02 kg
Arena	7,98 kg
H2O	5,88 kg
Cemento	4,20 kg
Ceniza (8%)	0,340 kg
Ceniza (10%)	0,420 kg
Ceniza (12%)	0,500 kg

Para la dosificación del 7% se utilizó 34.02 kg de suelo, 7.98kg de arena ,5.88kg de H2O, 4.20kg de cemento, con la adición de ceniza al 8%,10% y 12%.

- Dosificación 15%

Tabla 7. *Dosificación a 15% para la elaboración del BTC*

Suelo	34,02 kg
Arena	7,98 kg
H2O	5,88 kg
Cemento	6.30 kg
Ceniza (8%)	0.509 kg
Ceniza (10%)	0.63 kg
Ceniza (12%)	0.76 kg

Para la dosificación del 15 % se utilizó 34.02 kg de suelo, 7.98kg de arena ,5.88kg de H2O, 6.30 kg de cemento, con la adición de ceniza al 8%,10% y 12%

- Dosificación 20%

Tabla 8. *Dosificación a 20% para la elaboración del BTC*

Suelo	34,02 kg
Arena	7,98 kg
H2O	5,88 kg
Cemento	8.40 kg
Ceniza (8%)	0.672 kg
Ceniza (10%)	0.84 kg
Ceniza (12%)	1.01 kg

Para la dosificación del 20% se utilizó 34.02 kg de suelo, 8.40 kg de cemento ,7.98kg de arena, 5.88kg de H2O,8.40kg de cemento con la adición de ceniza al 8%,10% y 12%.

Etapa 3 Prensado de bloques

En esta etapa llenamos la mezcla en la máquina manual prensador de ladrillos ecológicos, realizamos el proceso manual desde el llenado de la mezcla, con la ayuda de un combo golpeamos ambos lados del prensador con 6 golpes para que la mezcla se puede compactar y se hace una fuerte presión con el equipo para obtener el BTC.

Etapa 4 Proceso de secado

Teniendo los bloques elaborados procedemos con el secado en un área limpio con un ambiente ventilado donde no le puede llegar los rayos solares, tampoco estar expuesto a humedad y registrar por filas los bloques con la anotación en los bloques con los porcentajes utilizado en cemento, ceniza los días de elaboración para no mezclarlos.

Etapa 5 Almacenamiento de los bloques

En la etapa 5 curamos los bloques luego lo envolvemos con vita film, para que pueda mantener la humedad en los bloques con la envoltura, luego lo almacenamos en un depósito limpio con ventilación y esperar el proceso de los 7 ,14 y 28 días respectivamente para someterlos a los ensayos.

3.3.4. Ensayo de los especímenes de los bloques comprimida de tierra (BTC)

La variación dimensional de los bloques en la dosis cemento al 7% con adición de 8%,10%,12% de ceniza según la norma NTP 399.613. Se midió para todos los bloques para los días 7,14,21 y 28.

Equipos y materiales

- Bloques
- Vernier
- Brocha

Procedimiento

- Con la ayuda de la brocha se limpia el bloque por todos los lados
- Colocamos el vernier para medir el largo, ancho y altura
- Con la toma de medidas obtenemos los datos cuantitativos de los bloques

En la dosis cemento 7% con la adición de ceniza al 8%, 10% y 12%, se realizó cada uno de los ensayos con las 3 combinaciones utilizando el vernier para calcular la variación dimensional de los bloques se tomó las medidas del largo, ancho y altura.

Para la variación dimensional de los bloques en la dosis cemento al 15% con adición de 8%,10%,12% de ceniza según la norma NTP 399.613.

En la dosis cemento 15 % con la adición de ceniza al 8%, 10% y 12%, se realizó cada uno de los ensayos con las 3 combinaciones utilizando el vernier para calcular la variación dimensional de los bloques se tomó las medidas del largo, ancho y altura.

Variación dimensional de los bloques en la dosis cemento al 20 % con adición de 8%,10%,12% de ceniza según la norma NTP 399.613.

Medida

En la dosis cemento 20 % con la adición de ceniza al 8%, 10% y 12%, se realizó cada uno de los ensayos con las 3 combinaciones utilizando el vernier para calcular la variación dimensional de los bloques se tomó las medidas del largo, ancho y altura.

3.3.4.1. Ensayo resistencia a la compresión de los bloques comprimida de tierra (BTC) NTP 339.613

Según la norma NTP 399.613, se debe ensayar un mínimo de cinco especímenes para cada día y porcentaje de ceniza de linaza. Los ensayos se realizarán en los días 7, 14, 21 y 28. La máquina de compresión proporcionará resultados en kilonewtons, los cuales se convertirán a kg/cm^2 mediante el área correspondiente. Posteriormente, se calculará un promedio de resistencia a partir de estos cinco valores.

Equipos y materiales

- Bloques

- Equipo de resistencia a la compresión
- Regla metálica

Procedimiento

- Por cada dosis separamos la cantidad de bloques para ensayar.
- Limpiamos los bloques con la ayuda de una brocha.
- Medimos el área que estará en contacto con el equipo de resistencia a la compresión.
- Colocamos láminas de neopreno a la máquina para colocar los bloques.
- Colocamos los bloques en el equipo de resistencia a la compresión para calcular la resistencia del bloque.
- Anotamos los valores que arroja la máquina de compresión.

3.3.4.2. Ensayo de prueba de erosión – método de rociado a presión NZC 4298

La prueba estandarizada de presión acelerada para bloques comprimidos de tierra (BTC) conforme a la norma internacional NZS 4298 de Nueva Zelanda consiste en aplicar un rocío continuo sobre la superficie de una muestra de suelo preparada, específicamente sobre un bloque comprimido de tierra con ceniza de linaza, durante un período de una hora o hasta que la muestra sea penetrada, utilizando una presión de 50 kPa. Posteriormente, se evalúa la penetración de la humedad al romper la muestra en la zona de mayor erosión, observando detalladamente la superficie de ruptura, especialmente cuando la muestra tiene un grosor superior a los 120 mm. Los resultados de esta prueba se presentan en la tabla de índices de erosión correspondiente.

Equipos y materiales

- Bloques
- Equipo de erosión acelerada
- Transportado
- Agua

Procedimiento

Colocamos el bloque en el equipo de erosión acelerada de manera horizontal. Se deja caer una corriente de agua sobre el bloque por una cañería de un tubo sobre la cara del bloque por 60 minutos, cada 15 minutos, retiramos el bloque para revisar el nivel de perforación que ocasiona el agua. Con la varilla de 3mm de diámetro se midió la profundidad que ocasionó la perforación del agua.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados y análisis de resultados

Los resultados que se obtuvieron de los boques de tierra comprimida (BTC) de los ensayos realizados en laboratorio de las siguientes: dosificaciones 7%,15% y 20% de cemento con la adición de ceniza de linaza al 8% ,10% y 12% a continuación se realizó los análisis de cada uno de ellos para llegar una conclusión.

Para ello se identificó el tipo de suelo para los ensayos, el cual de acuerdo a la clasificación S.U.C.S es **SC** (Arena arcillosa).

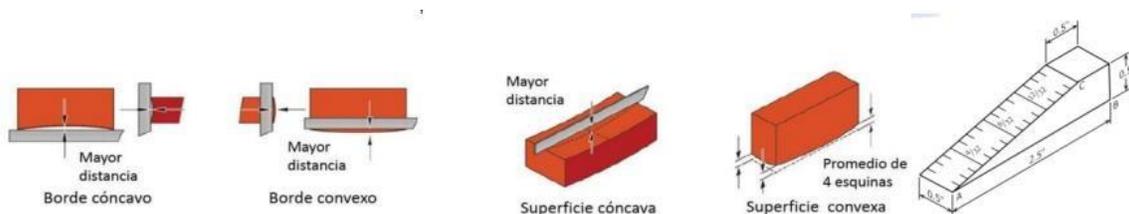
4.1.1. Elaboración de especímenes de albañilería en base a la adición de ceniza de Lizana

Según el primer objetivo específico, se crearon muestras incorporando ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) destinados a unidades de albañilería. Este proceso se llevó a cabo en los laboratorios de materiales, suelos y concreto Group Total Quality Control, siguiendo las pautas establecidas por la norma NTP 399.613. Esta norma

delineó los procedimientos para el muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla cocida utilizados en albañilería.

En el ensayo de albañilería, se determinó la configuración de la superficie de los bloques de tierra comprimida (BTC), ya sea cóncava o convexa, mediante mediciones en milímetros (mm). Es importante conocer la superficie de los ladrillos por varias razones ya que es importante para comprender la configuración de la superficie de los ladrillos para garantizar la seguridad estructural, la estética deseada y la eficiencia en el proceso de construcción.

Figura 13. *Bloque de tierra comprimida cóncavo y convexa*



En la figura presentada se puede apreciar el procedimiento que se le aplica y los parámetros a tener en cuenta respecto los BTC.

Este análisis se realizó inicialmente en las muestras que presentaban exclusivamente un 7% de contenido de cemento, con variaciones de ceniza de linaza en porcentajes de 0%, 8%, 10%, y 12%. Las tablas adicionales con muestras de bloques de tierra comprimida (BTC) que contienen 15% y 20% de cemento, junto con combinaciones de ceniza de linaza al 8%, 10%, y 12%, se encuentran detalladas en los anexos.

Tabla 9. *Muestras de BTC con cemento al 7%*

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 7%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 7%	1	0	0	0

BTC - CEMENTO 7%	0	0	1	0
BTC - CEMENTO 7%	0	1	0	0
BTC - CEMENTO 7%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7%	1	0	1	0
BTC - CEMENTO 7%	0	1	0	1
BTC - CEMENTO 7%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 7%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7%	0	0	1	0
Promedio	0.2	0.2	0.3	0.3

Luego, se analiza la muestra BTC con 7% de cemento y 8% de ceniza de linaza y se saca el promedio de las muestras.

Tabla 10. Muestras de BTC con cemento 7% y ceniza de linaza al 8%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	1	0	1	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	1	1	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	0	1	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	0	0	0	0
Promedio	0.2	0.2	0.2	0.4

En la 13, se muestra el promedio de superficie cóncava y convexa y el promedio de estas al 10% de ceniza de linaza.

Tabla 11. Muestras de BTC con cemento 7% y ceniza de linaza al 10%

IDENTIFICACIÓN LA MUESTRA BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	1	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	1	0	1	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	0	0	1	0
Promedio	0.1	0.1	0.2	0.3

Por último, en la tabla 14, se muestra el promedio de superficie cóncava y convexa y el promedio de estas al 12% de ceniza de linaza.

Tabla 12. Muestras de BTC con cemento 7% y ceniza de linaza al 12%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	1	0	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	0	0	1	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	0	1	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	1	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	0	0	1	0
Promedio	0.2	0.1	0.2	0.2

Variación de longitud de los bloques

Adicionalmente, se llevó a cabo una evaluación de las dimensiones de los bloques de tierra comprimida para verificar que no experimentaran cambios significativos y fueran aptos para su uso en construcción. Con este propósito, se calcularon la desviación estándar y la media promedio para cada lado del bloque. A continuación, se presentan las tablas correspondientes, específicamente para los bloques con un contenido de cemento del 7% y ceniza del 8%. Es importante destacar que todos los bloques con 15% y 20% de cemento,

combinados con cenizas en proporciones del 8%, 10% y 12%, se encuentran dentro del mismo rango de dimensiones.

Figura 14. *Longitud de ladrillo*

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC 7% + CENIZA 8%	LONGITUD DE LADRILLO (mm)				LONGITUD ESPECIFICADO (Le)
	L-1	L-2	L-3	L-4	LONGITUD PROMEDIO (Lp)
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.50	250.50	250.50	250.00	250.38
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.10	250.00	250.00	250.50	250.15
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.50	250.10	250.00	250.50	250.28
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.50	250.50	250.50	250.00	250.38
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.00	250.50	250.00	250.50	250.25
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.50	250.00	250.00	250.00	250.13
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.50	250.50	250.00	250.00	250.25
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
Medida del fabricante				A:	250.00
Desviación Estándar				σ :	0.15
Medida Promedio				<u>Lp</u>	250.18
Variación Dimensional				%	0.07

Los datos muestran la longitud de muestras de ladrillo compuesto por un 7% de cemento y un 8% de ceniza, junto con la longitud promedio de estas muestras. La medida del fabricante establece una longitud estándar de 250.00 mm, con una desviación estándar de 0.15 mm y una variación dimensional del 0.07%.

Figura 15. Longitud de ladrillo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	LONGITUD DE LADRILLO (mm)				LONGITUD ESPECIFICADO (Le)
	A-1	A-2	A-3	A-4	LONGITUD PROMEDIO (Lp)
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.10	125.00	125.00	125.00	125.03
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.10	125.00	125.00	125.20	125.08
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.00	125.00	125.10	125.00	125.03
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	125.00	125.00	125.00	125.10	125.03
Medida del fabricante				A:	125.00
Desviación Estándar				σ:	0.03
Medida Promedio				<u>Lp</u>	125.02
Variación Dimensional				%	0.01

Los datos muestran la longitud de muestras de ladrillo compuesto por un 7% de cemento y un 8% de ceniza, así como la longitud promedio de estas muestras. La medida del fabricante establece una longitud estándar de 125.00 mm, con una desviación estándar de 0.03 mm y una variación dimensional del 0.01%. Esto indica una consistencia general en las medidas de longitud, con una mínima variabilidad respecto a la longitud estándar.

Figura 16. Longitud de ladrillo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	LONGITUD DE LADRILLO (mm)				LONGITUD ESPECIFICADO (Le)
	H-1	H-2	H-3	H-4	LONGITUD PROMEDIO (Lp)
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.10	85.00	85.00	85.03
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.10	85.00	85.10	85.00	85.05
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.00	85.00	85.10	85.03
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.10	85.00	85.00	85.03
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.00	85.00	85.10	85.03
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
Medida del fabricante				A:	85.00
Desviación Estándar				σ:	0.02
Medida Promedio				Lp	85.02
Variación Dimensional				%	0.02

Los datos muestran la longitud de muestras de ladrillo compuesto por un 7% de cemento y un 8% de ceniza, con una longitud promedio de 85.02 mm. La medida del fabricante establece una longitud estándar de 85.00 mm, con una mínima variación de 0.02 mm y una desviación estándar de 0.02 mm. Esto sugiere una consistencia general en las medidas de longitud.

A continuación, se reporta el peso por cada unidad elaborada con los distintos porcentajes establecidos.

Tabla 13. Peso promedio de las muestras BTC con diferentes porcentajes de cemento y ceniza

Unidad elaborada	Peso promedio (g)	Peso promedio (kg)
BTC - CEMENTO 7%	3781.10	3.781
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	3790.00	3.790
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	3783.00	3.783
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	3775.10	3.775
BTC - CEMENTO 15%	3772.00	3.772
BTC 15% + CENIZA 12%	3779.60	3.780
BTC 15% + CENIZA 10%	3763.80	3.764

BTC 15% + CENIZA 12%	3788.50	3.789
BTC - CEMENTO 20%	3788.90	3.789
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	3779.60	3.780
BTC 20% + CENIZA 10%	3783.50	3.784
BTC 20% + CENIZA 12%	3782.90	3.783

4.1.2. Ensayo de resistencia a la compresión en unidades de albañilería

En este ensayo, se evalúa la resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida con el objetivo de determinar cuánta carga pueden soportar antes de experimentar una falla. Este análisis se lleva a cabo de acuerdo con las directrices establecidas por la norma peruana NTP 399.613.

Después de someter los bloques a ensayo en la máquina de compresión, registramos los valores obtenidos en kilonewtons (KN). Posteriormente, utilizando el área del bloque, convertimos la carga de KN a kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) para los días 7, 14, 21 y 28. A continuación se muestra la tabla de ensayo de compresión a los 7 días para los bloques de tierra comprimida (BTC) con un contenido de cemento del 7%, incorporando ceniza de linaza en proporciones del 0%, 8%, 10% y 12%. Cabe destacar que se realizaron pruebas en cinco especímenes por cada día y por cada porcentaje de ceniza de linaza. A continuación, se presenta la tabla de ensayos de compresión a los 7 días para bloques de tierra comprimida (BTC) con un 7% de cemento y variaciones de ceniza de linaza: 0%, 8%, 10%, y 12%. Las demás combinaciones de cemento y ceniza de linaza para los días 14, 21 y 28 se encuentran detalladas en los anexos.

Para ello se aplicaron las siguientes fórmulas.

$$1 \text{ KN} = 101.97 \text{ kg}$$

$$fb = \text{Carga}/\text{área}$$

Se presenta también las dimensiones que cuentan los BTC.

Figura 17. Dimensiones de los BTC

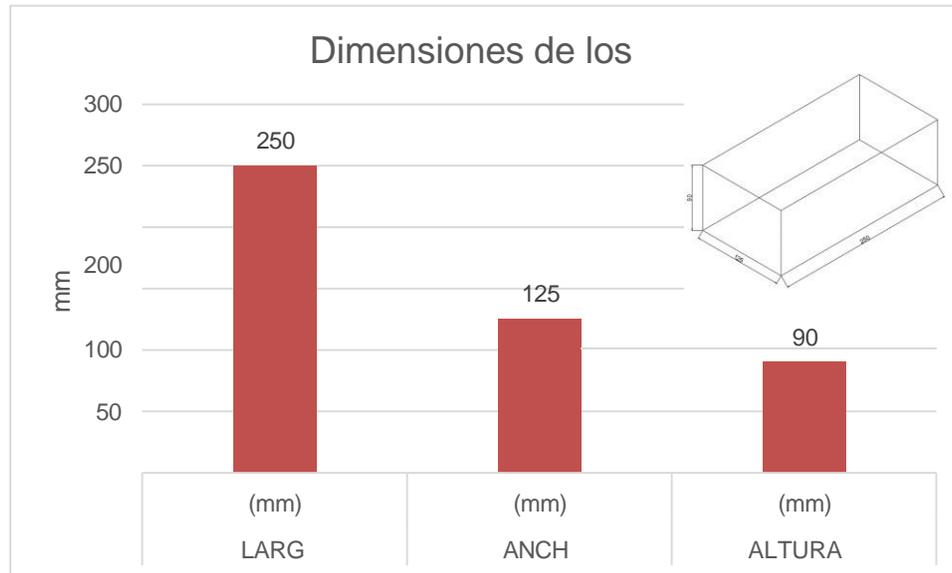


Tabla 14. Ensayo de compresión a los 7 días para BTC con cemento al 7%

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg)	fb
1	BTC - Cemento 7%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	75.65	7714.18	24.69
2	BTC - Cemento 7%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	75.27	7675.43	24.56
3	BTC - Cemento 7%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	75.76	7725.40	24.72
4	BTC - Cemento 7%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	75.75	7724.38	24.72

5	BTC - Cemento 7%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	75.98	7747.83	24.79
6	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	78.74	8029.28	25.69
7	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	78.42	7996.64	25.59
8	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	78.85	8040.49	25.73
9	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	78.91	8046.61	25.75
10	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	78.87	8042.53	25.74
11	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	77.18	7870.20	25.18
12	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	77.00	7851.84	25.13
13	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	77.15	7867.14	25.17
14	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	77.01	7852.86	25.13
15	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	77.09	7861.02	25.16
16	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	73.06	7477.61	23.84
17	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	73.33	7470.47	23.93
18	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	73.26	7470.47	23.91
19	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	73.74	7519.42	24.06
20	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/2023	17/11/2023	7	250	125	90	31250	73.56	7501.06	24.00

La tabla muestra los resultados del ensayo de compresión a los 7 días para muestras de ladrillo BTC. Las muestras con cemento al 7% tienen una resistencia promedio de 77.31 kg/cm², mientras que aquellas con una mezcla de cemento al 7% y ceniza al 8% tienen una resistencia promedio de 78.76 kg/cm². Por otro lado, las muestras con una mezcla de cemento al 7% y ceniza al 10% muestran una resistencia promedio de 77.32 kg/cm², y aquellas con ceniza al 12% tienen una resistencia promedio de 73.59 kg/cm².

4.1.3. Ensayos de resistencia a la erosión – Método de rociado a presión NZC 4298

Después de realizar las mediciones, se procedió a registrar y comparar los resultados. A continuación, se presenta los indicadores máximos de erosionabilidad del bloque comprimido de tierra (BTC) con una mezcla de cemento al 7% y con diferentes proporciones de ceniza de linaza: 0%, 8%, 10% y 12%.

Las demás tablas de ensayo de resistencia a la erosión para las demás mezclas se encuentran en anexos.

Tabla 15. *Indicador máximo de erosionabilidad con solo cemento al 7%*

BTC	- RESULTADOS			INDICADOR MÁXIMO DE EROSIONABILIDAD	RESTRICCIÓN DE
	BTC7 %-A	BTC7 %-B	BTC7 %-C		
Ø observable (mm)	máx. 1.40	1.80	1.60	1.80	≤10mm
PROFUNDIDAD AD (mm)	2.00	2.60	2.40	2.60	≤10mm
PÉRDIDA DE PESO (%)	2.80%	3.40%	3.00%	3.40%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	

La tabla muestra los resultados del indicador máximo de erosionabilidad para muestras de ladrillo BTC con cemento al 7%. Todas las muestras evaluadas cumplen con los criterios de erosión establecidos, por lo que se consideran aptas para su uso según las restricciones especificadas.

Tabla 16. *Indicador máximo de erosionabilidad con cemento al 7% y ceniza al 8%*

BTC	- RESULTADOS	INDICADOR			RESTRICCIÓN	
		BTC7	BTC7	BTC7		
Cemento 7% -	BTC7	BTC7	BTC7	MÁXIMO	DE	
Ceniza 8%	%-	%-	%-	EROSIONABILID	AD	
	CE8%-	CE8%-	CE8%-	AD		
	A	B	C			
Ø	máx.	1.20	1.40	1.20	1.40	≤10mm
observable (mm)						
PROFUNDID		1.40	1.20	1.40	1.40	≤10mm
AD (mm)						
PÉRDIDA DE		2.00%	2.40%	2.00%	2.40%	≤5%
PESO (%)						
CONDICIÓN		APTO	APTO	APTO	APTOS	
FINAL						

La tabla presenta los resultados del indicador máximo de erosionabilidad para muestras de ladrillo BTC con cemento al 7% y ceniza al 8%. Las muestras evaluadas, identificadas como BTC7%-CE8%-A, BTC7%-CE8%-B y BTC7%-CE8%-C, cumplen con los criterios establecidos para el diámetro máximo observable, profundidad y pérdida de peso, lo que indica que son aptas para su uso según las restricciones especificadas.

Tabla 17. *Indicador máximo de erosionabilidad con cemento al 7% y ceniza al 10%*

BTC	- RESULTADOS			INDICADOR	RESTRICCIÓN
Cemento 7% - Ceniza 10%	BTC7 %- CE10% -A	BTC7 %- CE10% -B	BTC7 %- CE10% -C	MÁXIMO DE EROSIONABILID AD	DE
Ø máx. observable (mm)	1.40	1.60	1.50	1.60	≤10mm
PROFUNDID AD (mm)	2.00	2.20	2.10	2.20	≤10mm
PÉRDIDA DE PESO (%)	2.70%	3.00%	2.80%	3.00%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	

La tabla muestra que las muestras de ladrillo BTC con cemento al 7% y ceniza al 10% cumplen con los criterios de erosionabilidad establecidos, siendo aptas para su uso según las restricciones especificadas.

Tabla 18. *Indicador máximo de erosionabilidad con cemento al 7% y ceniza al 12%*

BTC -	RESULTADOS			INDICADOR	RESTRICCIÓN	
Cemento 7% -	BTC7%	BTC7%	BTC7%	MÁXIMO DE	EROSIONABILIDAD	
Ceniza 12%	-	-	-			
	CE12%-	CE12%-	CE12%-			
	A	B	C			
Ø	máx.	1.80	1.80	1.70	1.80	≤10mm
observable (mm)						
PROFUNDIDA		2.70	2.80	2.60	2.80	≤10mm
D (mm)						
PÉRDIDA	DE	3.00%	3.40%	3.20%	3.40%	≤5%
PESO (%)						
CONDICIÓN		APTO	APTO	APTO	APTOS	
FINAL						

Las muestras de ladrillo BTC con cemento al 7% y ceniza al 12% cumplen con los criterios de erosionabilidad establecidos, siendo aptas para su uso según las restricciones especificadas.

4.1.4. Costo de elaboración de los BTC

Se presenta las características de dos tipos de productos para la construcción: el BTC y el ladrillo estructural. Cada uno de ellos tiene diferentes dosificaciones que afectan su composición y costo. El BTC, con dosificaciones de 7%, 15% y 20%, muestra variaciones en su precio por unidad, mientras que el ladrillo estructural mantiene un costo constante de S/ 0.88 por unidad, independientemente de la dosificación. A continuación, se detallan los componentes y costos de cada tipo de material según su proporción específica de cemento, arena, suelo, ceniza, agua, mano de obra y maquinaria.

Tabla 19. Costo de elaboración de BTC en comparación con el ladrillo comercial

DESCRIPCIÓN	BTC	LADRILLO ESTRUCTURAL
Dosificación 7%	S/ 0.46	S/ 0.88
Dosificación 15%	S/ 0.51	S/ 0.88
Dosificación 20%	S/ 0.70	S/ 0.88
DOSIFICACIÓN 7%		
Cemento	0.7	S/ 0.09
Arena	0.05	S/ 0.01
Suelo	0.1	S/ 0.11
Ceniza		S/ 0.10
Agua		S/ 0.05
MO		S/ 0.05
MAQ		S/ 0.05
TOTAL		S/ 0.46
DOSIFICACIÓN 15%		
Cemento	0.7	S/ 0.14
Arena	0.05	S/ 0.01
Suelo	0.1	S/ 0.11
Ceniza		S/ 0.10
Agua		S/ 0.05
MO		S/ 0.05
MAQ		S/ 0.05
TOTAL		S/ 0.51
DOSIFICACIÓN 20%		
Cemento	0.7	S/ 0.33
Arena	0.05	S/ 0.01
Suelo	0.1	S/ 0.11
Ceniza		S/ 0.10
Agua		S/ 0.05
MO		S/ 0.05
MAQ		S/ 0.05
TOTAL		S/ 0.70

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Elaboración de especímenes de albañilería en base a la adición de ceniza de Linaza

La elaboración de los especímenes de albañilería se centró en la incorporación de ceniza de linaza en bloques de tierra comprimida (BTC) para estudiar su efecto en las propiedades físicas de los bloques. Los resultados obtenidos de las muestras con diferentes

proporciones de ceniza (8%, 10% y 12%) y cemento (7%, 15% y 20%) mostraron que las dimensiones y geometría de los bloques, en particular las desviaciones de la longitud, estuvieron dentro de los rangos establecidos por las normativas de construcción. Las mediciones en milímetros revelaron una variación dimensional mínima, con un 0.07% de variación en las muestras con 7% de cemento y 8% de ceniza, lo que demuestra la consistencia en la fabricación de los bloques y su viabilidad en términos de forma y tamaño. Comparado con investigaciones previas como la de Chávez & Medina (2020), quienes analizaron la estabilidad dimensional en bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento, los resultados actuales indican que la ceniza de linaza no altera significativamente las dimensiones de los bloques, lo que los hace apropiados para la albañilería. Esta consistencia en las dimensiones es crucial para la seguridad estructural y la facilidad en su aplicación constructiva.

4.2.2. Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión arrojó resultados concluyentes sobre el impacto de la adición de ceniza de linaza en los BTC. Las muestras con un 7% de cemento y variaciones en la ceniza de linaza (8%, 10% y 12%) mostraron una tendencia diversa. La mezcla con un 8% de ceniza alcanzó la resistencia más alta con 78.76 kg/cm² a los 7 días, mientras que la adición de ceniza al 12% redujo la resistencia a 73.59 kg/cm². Estos resultados reflejan un comportamiento similar al de los estudios de Castromonte (2021), donde el incremento de materiales adicionales a la mezcla mejoraba las propiedades mecánicas solo hasta un límite específico, después del cual la resistencia disminuía. En este caso, la adición de un 8% de ceniza resultó ser el porcentaje óptimo para aumentar la resistencia, alineándose con los hallazgos de investigaciones como la de Coque & Lechón (2021), quienes también destacaron que pequeñas proporciones de aditivos (en su caso, cascarilla de trigo) podían incrementar la resistencia de materiales de construcción. Esto sugiere que la ceniza de linaza, en cantidades moderadas, puede ser beneficiosa para mejorar la resistencia a la compresión, siendo viable su aplicación en BTC para unidades de albañilería.

4.2.3. Ensayo de prueba de erosión – Método de rociado a presión NZC 4298

El ensayo de erosionabilidad de los bloques de tierra comprimida (BTC) con diferentes proporciones de ceniza de linaza mostró que todas las muestras cumplieron con los criterios normativos de resistencia a la erosión, incluso las que contenían mayores proporciones de ceniza (hasta el 12%). Este comportamiento es comparable al observado por Castromonte (2021), quien encontró que la adición de mucílago de nopal en adobes prensados también mejoraba la resistencia a la erosión a medida que se aumentaba el contenido del aditivo, aunque en su caso la mejora fue más significativa en proporciones más bajas. En la presente investigación, la adición de ceniza de linaza en proporciones del 8% parece ser la más favorable, coincidiendo con los resultados de resistencia a la compresión, lo que sugiere que este porcentaje es el más equilibrado tanto para mejorar la resistencia mecánica como la resistencia a la erosión. Comparado con los resultados obtenidos por Deulofeuth y Severiche (2019) en Colombia, quienes destacaron que una adición del 7% de aserrín optimizaba las propiedades de los ladrillos de arcilla, se observa una similitud en cuanto a que pequeñas cantidades de materiales orgánicos pueden mejorar las características físicas sin comprometer la integridad estructural del material.

4.3. Contrastación de hipótesis

Hipótesis general:

Los bloques de tierra comprimida (BTC) con adición de la ceniza de linaza mejorará sus propiedades mecánicas y podrá ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería.

- H1: Los bloques de tierra comprimida (BTC) con adición de la ceniza de linaza mejorará sus propiedades mecánicas y podrá ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería.
- H0: Los bloques de tierra comprimida (BTC) con adición de la ceniza de linaza no mejorará sus propiedades mecánicas y no podrá ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería.

Se aplica t – student

El análisis de varianza (t-student) se llevó a cabo utilizando el software Minitab. Con el objetivo de aceptar la hipótesis nula (H_0), se considera que el valor p es mayor que el nivel de significancia (0.05), mientras que para la hipótesis alternativa (H_1), se toma en cuenta que el valor p es menor que el nivel de significancia (0.05).

Para ello se tomó los datos de resistencia a los 28 días de las muestras BTC con 20% de cemento, más adición de ceniza de linaza.

Tabla 20. *Estadísticas descriptivas*

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
20	69.005	1.068	0.239	68.592

Tabla 21. *Valor de p*

Valor T	Valor p
79.61	0.000

Para ello se analizó según lo que se indica en NTP E 0.70, que indica la resistencia mínima que debe tener una unidad de albañilería artesanal (50 kg/cm^2). De acuerdo a todos los ensayos a los 28 días cumplen con ser mayor al valor mencionado. De la misma manera en los ensayos de resistencia a la erosión se evidencia que todas las muestras son aptas.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa “Los bloques de tierra comprimida (BTC) con adición de la ceniza de linaza mejorará sus propiedades mecánicas y podrá ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería”

- El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la compresión.
- El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la erosión

Hipótesis específica:

El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la compresión.

- H1: El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la compresión.
- H0: El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería no mejorará la resistencia a la compresión.

Se aplica t – student

El análisis de varianza (t-student) se llevó a cabo utilizando el software Minitab. Con el objetivo de aceptar la hipótesis nula (H₀), se considera que el valor p es mayor que

el nivel de significancia (0.05), mientras que para la hipótesis alternativa (H1), se toma en cuenta que el valor p es menor que el nivel de significancia (0.05).

Para ello se tomó los datos de resistencia a los 28 días de las muestras BTC con 20% de cemento, más adición de ceniza de linaza.

Tabla 22. *Estadística descriptiva*

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
20	69.005	1.068	0.239	68.592

Tabla 23. *Valor de p*

Valor T	Valor p
2.95	0.004

Según la tabla mostrada el valor de p es menor a 0.05 por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa. Se puede indicar que “El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la compresión”

Hipótesis específica:

El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la erosión

- H1: El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la erosión.

- H0: El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería no mejorará la resistencia a la erosión.

Se aplica t – student

El análisis de varianza (t-student) se llevó a cabo utilizando el software Minitab. Con el objetivo de aceptar la hipótesis nula (Ho), se considera que el valor p es mayor que el nivel de significancia (0.05), mientras que para la hipótesis alternativa (H1), se toma en cuenta que el valor p es menor que el nivel de significancia (0.05).

Para ello se tomó los datos de resistencia a los ensayos de resistencia a la erosión de las muestras BTC, con los valores de Ø máx. observable (mm) y profundidad, los cuales para que sea apto la muestra deben ser menor a 10 mm.

Tabla 24. Estadística descriptiva

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ
16	1.531	0.578	0.145	1.785

Tabla 25. Valor de p

Valor T	Valor p
-58.59	0.000

Según la tabla mostrada el valor de p es menor a 0.05 por lo q rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa. Se puede indicar que “El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorará la resistencia a la erosión”, debemos tener en cuenta que en

todos los porcentajes de ceniza de linaza las muestras cumplen con ser aptos en cuanto a el análisis de resistencia a la erosión.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- 1) El estudio sobre los bloques de tierra comprimida (BTC) con la adición de ceniza de linaza, junto con diferentes porcentajes de cemento, respalda la propuesta de utilizar estos bloques como elementos en unidades de albañilería. Estos resultados muestran que los bloques cumplen con los requisitos de configuración superficial, variación de longitud, resistencia a la compresión y resistencia a la erosión. Esto sugiere que los bloques BTC con ceniza de linaza son viables para su aplicación como unidad de albañilería.
- 2) El proceso de elaboración de bloques de albañilería, con la adición de ceniza de linaza, demuestra conformidad con las dimensiones preestablecidas de 250 mm, 125 mm y 85 mm, según las especificaciones del molde, y cumple con los estándares normativos de la NTP 399.613. Después del período de curado, las mediciones detalladas revelan una consistencia excepcional en las dimensiones de los bloques de tierra comprimida, destacando la uniformidad en su producción. Además, se verifica

que las medidas originales del molde experimentan variaciones mínimas en comparación con las tomadas después del proceso de curado, confirmando la estabilidad dimensional del producto.

Al profundizar en el examen de las superficies cóncavas y convexas, se evidencia que todos los bloques, ya sea con un contenido de cemento del 7%, 15% o 20%, y diversas proporciones de ceniza de linaza (0%, 8%, 10% y 12%), mantenga valores mínimos consistentes entre 0 y 0,2 mm en sus mediciones promedio para ambas superficies. Esta uniformidad indica una calidad superficial constante, independientemente de las variaciones en la composición de los bloques, respaldando así la idoneidad y la coherencia del producto con los estándares establecidos.

- 3) Al evaluar la inclusión de ceniza de linaza en la resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizados como elementos en unidades de albañilería, que, en líneas generales, los bloques de tierra que incorporan un 20% de cemento y un 8% de ceniza de linaza exhiben una mayor resistencia en los días 7, 14, 21 y 28, en comparación con aquellos que contienen 0%, 10% y 12% de ceniza de linaza. También se observa que los bloques con un contenido del 7% y 15% de cemento presentan una mejora en la resistencia cuando se les añade un 8% de ceniza de linaza, a diferencia de los bloques que contienen 0%, 10%, y 12 % de ceniza de linaza, en los días 7, 14, 21 y 28.

- 4) Todos los bloques de tierra comprimida evaluados cumplen con los requisitos de la normativa en cuanto a observabilidad máxima, profundidad y pérdida de peso, según lo establecido por la norma internacional NZS 4298. Específicamente, aquellos compuestos por cemento en proporciones del 7%, 15% y 20%, mezclados con ceniza de linaza en porcentajes del 8%, 10% y 12%, y sometidos a un proceso de curado de 28 días, demuestran ser adecuados. Estos bloques exhiben dimensiones de erosión que no exceden los 120 mm, el umbral de falla según la normativa mencionada. Se destaca que, entre todas las combinaciones probadas, aquellos con un contenido de

cemento del 20% muestran el mejor comportamiento, con índices mínimos de erosión (0 mm y 1 mm), lo que sugiere una mayor resistencia y durabilidad ante este fenómeno en comparación con las otras composiciones evaluadas.

5.2. Recomendaciones

- Una recomendación clave para el primer objetivo específico sería continuar monitoreando y documentando las dimensiones de los bloques de tierra comprimida a lo largo del tiempo, incluso después de su implementación en construcciones reales. Esto permitirá evaluar la estabilidad dimensional a largo plazo y confirmar si los bloques mantienen su consistencia a medida que atraviesan condiciones ambientales y de carga en el entorno real de construcción
- Basándonos en los resultados del estudio sobre la influencia de la ceniza de linaza en la resistencia a la compresión de bloques de tierra comprimida (BTC) utilizados en unidades de albañilería, se sugiere optimizar las mezclas, ajustando las proporciones de ceniza de linaza y cemento para obtener la mejor resistencia. Además, es esencial analizar los costos asociados y los beneficios económicos. Se recomienda realizar estudios a largo plazo para evaluar la durabilidad de los bloques con diferentes porcentajes de ceniza de linaza y documentar detalladamente los procedimientos para facilitar la replicabilidad. Asimismo, se aconseja verificar la conformidad con normativas locales y compartir los resultados con la comunidad académica y la

industria de la construcción para fomentar la aplicación práctica y la colaboración en proyectos futuros.

- Se recomienda enfocar el uso de bloques de tierra comprimida en construcciones de albañilería utilizando la composición con un 20% de cemento y ceniza de linaza al 8%, 10% y 12%. Estas proporciones han demostrado tener un comportamiento óptimo en términos de erosión, mostrando índices máximos de erosión con profundidades mínimas de 0 mm y 1 mm. Además, se sugiere realizar pruebas adicionales y estudios de durabilidad a largo plazo para validar y respaldar aún más la idoneidad de esta composición específica en aplicaciones prácticas de construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, D. y CARREÑO, A., 2017. The Compressed Ground Block or BTC A Construction Alternative for Contemporary Architecture. *Materials*, vol. 12, no. 23,

ARANDA-JIMÉNEZ, Y.G. y SUÁREZ-DOMÍNGUEZ, E.J., 2014. Efecto de la impermeabilidad del Mucílago de Nopal en bloques de tierra comprimidos. *Nova Scientia*, vol. 6, no. 11, ISSN 2007-0705. DOI 10.21640/ns.v6i11.85.

CABRERA, S.P., ARANDA, Y.G., SUÁREZ, E.J. y ROTONDARO, R., 2020. Bloques de Tierra Comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento. Evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión. *Revista Hábitat Sustentable*, vol. 10, no. 2, ISSN 07190700. DOI 10.22320/07190700.2020.10.02.05.

CASTRO, A., MELO, C.A. y ANGULO, G., 2019. Soluciones innovadoras para problemas de cimentación sobre suelos cohesivos altamente plásticos. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, vol. 10, no. 1, ISSN 2216-1872. DOI 10.25213/2216-1872.9.

CASTROMONTE, F., 2021. *Incorporación del Mucílago de Nopal y su efecto en las características físicas-mecánicas del adobe prensado en Chacas-Ancash-2020* [en línea]. Tesis de titulación. Lima: Universidad Cesar Vallejo. [consulta: 4 enero 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/70386>.

CHAVEZ, S. y MEDINA, O., 2020. *Diseño de bloque de tierra comprimida estabilizado con cemento, como material sostenible, para el uso en la construcción de viviendas rurales en la provincia de San Martín, Región San Martín* [en línea]. Tesis de titulación. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín. [consulta: 4 enero 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3868>.

COQUE, L. y LECHON, T., 2021. *Diseño de hormigón de alto desempeño tipo I con y sin adición de cenizas de cascarilla y paja de trigo* [en línea]. Tesis de titulación. Quito: Universidad Central del Ecuador. [consulta: 4 enero 2024]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22770>.

DEULOFEUTH, C. y SEVERICHE, J., 2019. *INCIDENCIA DE LA ADICIÓN DEL ASERRÍN FINO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS LADRILLOS DE*

ARCILLA [en línea]. Tesis de titulación. Cartagena: Universidad de Cartagena.

[consulta: 4 enero 2024]. Disponible en:

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/10179/CRISTIAN%20DAVID%20DEULOFEUTH%20CARRERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

DUARTE, L.M., ÁLVAREZ, H.A. y GALLARDO, R.J., 2020. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COMPRESIÓN A TRAVÉS DE LAS PROPIEDADES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS DE LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, vol. 1, no. 35, ISSN 2500-8625. DOI 10.24054/16927257.v35.n35.2020.39.

FERREIRO, A., 2022. Análisis comparativo de los atributos de los bloques de tierra comprimida en la producción nacional. *Aplicaciones prácticas* [en línea]. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: <http://www.revistaconstruccion.uy/aplicaciones-practicas/analisis-comparativo-de-los-atributos-de-los-bloques-de-tierra-comprimida-en-la-produccion-nacional/>.

GAITÁN, E., 2022. *Evaluación de bloques de tierra comprimida (btc) con fines de albañilería, Tacabamba, Chota* [en línea]. Tesis de titulación. Chota: Universidad Nacional Autónoma de Chota. [consulta: 4 enero 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14142/224>.

GARECA, M., ANDRADE, M., POOL, D., BARRÓN, F. y VILLARPANDO, H., 2020. Nuevo Material Sustentable: Ladrillos Ecológicos a Base de Residuos Inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 18, no. 21,

HERNÁNDEZ, R., 2014. *Metodología de la Investigación. 6a.ed.* México D.F: s.n. ISBN 9781456223960.

INE, 2018. Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos. [en línea]. Lima: [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1538/Libro.pdf.

JARAMILLO, E., 2019. *Propuesta de alternativa opuesta de alternativas para el aprovechamiento del ladrillo o del ladrillo como RCD en Colombia – estudio de caso de Bogotá* [en línea]. Tesis de titulación. Bogotá: Universidad de La Salle. [consulta: 4 enero 2024]. Disponible en:

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2173&context=ing_ambienta
l_sanitaria.

MONTES, J., 2018. *Los bloques de tierra comprimida (BTC) y su influencia en el costo de construcción de viviendas sociales en zonas de habilitación en laderas de la ciudad de Huancayo - 2018* [en línea]. Huancayo: Universidad Continental. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4904>. MTC,

2016. MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. [en línea]. Lima: [consulta: 4 enero 2024]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf.

ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación: Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. 5a edición. Bogotá: s.n. ISBN 978-958-762-877-7.

RIVERA, J.F., AGUIRRE, A., MEJÍA, R. y OROBIO, A., 2020. Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador Técnico*, vol. 84, no. 2, ISSN 0122056X. DOI 10.23850/22565035.2530.

RNE, 2019. NORMA E.070 ALBAÑILERÍA. [en línea]. Lima: [consulta: 6 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-tileria-sencico.pdf>.

ROLANDO, A., 2006. Resistencia característica a compresión de una fábrica de ladrillo en función de la resistencia de sus componentes. Comprobación experimental de expresiones analíticas de la normativa europea. *Materiales de Construcción*, vol. 56, no. 283, ISSN 1988-3226. DOI 10.3989/mc.2006.v56.i283.11.

ROMERO, A., 2017. *Viabilidad constructiva del bloque de tierra en España* [en línea]. Tesis de Doctorado. Sevilla: Universidad de Sevilla. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/157761359.pdf>.

SÁNCHEZ, L. y VALERO, L., 2020. *Los bloques de tierra comprimida (btc) modificados como un modelo óptimo de construcción sostenible en reemplazo de los muros de los bloques de arcilla cocida tradicional* [en línea]. Tesis de titulación. Ocaña: UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA. [consulta: 4

enero 2024]. Disponible en:
<https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/582>.

SERNAQUÉ, P., 2020. *Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020* [en línea]. Tesis de titulación. Piura: Universidad Cesar Vallejo. [consulta: 7 enero 2024]. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/52173>.

SILVEIRA, M., ASSANDRI, M., FERRARI, E., GARCÉN, P., HERNÁNDEZ, L. y LUCAS, F., 2023. Análisis de las propiedades Físico - Mecánicas del bloque de tierra comprimida (BTC). En: SIACOT (ed.), *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra* [en línea]. Montevideo: s.n., pp. 10. [consulta: 16 abril 2024]. Disponible en:
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/41733/6/SAFGHL23.pdf>.

STRETTO COLOMBIA, 2022. Ladrillos ecológicos: incentivos en Colombia para su uso. *Tipos de ladrillos ecológicos* [en línea]. [consulta: 3 enero 2024]. Disponible en:
<https://www.strettocolombia.com/post/ladrillos-ecologicos-incentivos-en-colombia-para-su-uso>.

TAMAYO, M., 2001. *El proceso de la investigación científica* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 11 agosto 2023]. ISBN 9789681858728. Disponible en:
https://www.google.com.pe/books/edition/El_proceso_de_la_investigaci%C3%B3n_cient%C3%ADf/BhymmEqkkJwC?hl=es-419&gbpv=0.

TOIRAC, J., 2012. Granulometric characterization of sand factory in the Dominican Republic, their impact on the quality and cost of concrete. *CIENCIA Y SOCIEDAD*, vol. 37, no. 3, ISSN 0378-7680.

VARGAS, Z., 2009. LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Educación*, vol. 33, no. 1, ISSN 0379-7082.

ZAVALETA, D., 2021. *Reforzamiento estructural para muros construidos con bloques estabilizados de tierra comprimida: metodología para análisis experimental* [en línea].

Tesis de titulación. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. [consulta: 4 enero 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20137>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General			
¿El bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de ceniza de linaza podrá ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería?	Proponer Bloques de tierra comprimida (BTC) con adición de ceniza de linaza para ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería.	Los bloques de tierra comprimida (BTC) elaborado con la adición de la ceniza de linaza podrá ser utilizado como un elemento en unidades de albañilería.	VI Adición de la ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC).	Porcentaje de ceniza de linaza Distribución granulométrica Relación agua/cemento Tiempo de curado	Tipo Por enfoque: Cuantitativo Según el alcance o nivel: Investigación Experimental POBLACION: Unidades de albañilería en el distrito el Tambo
Problemas Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Especificas			
¿Cuál sería el proceso para elaborar especímenes de albañilería basados en la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) para unidades de albañilería?	Elaborar los especímenes de albañilería en base a la adición de la ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) para unidades de albañilería	Después de la verificación de los especímenes de albañilería en base a la adición de la ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) para unidades de albañilería se obtendrá la mejora de sus propiedades.		Dureza superficial	MUESTRA: Bloques de tierra comprimida (BTC) a base de ceniza de linaza
¿Cuál sería el porcentaje óptimo de adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizados como elemento en unidades de albañilería para mejorar la resistencia a la compresión?	Determinar el porcentaje de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizados como elemento en unidades de albañilería para mejorar resistencia a la compresión.	El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorara la resistencia a la compresión.	VD Mejora de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de tierra comprimida (BTC).		C INSTRUMENTOS: Técnicas: Observación directa, revisión bibliográfica y ensayos de laboratorio.
¿Cuál sería el porcentaje adecuado de adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizados como elemento en unidades de albañilería para mejorar la resistencia a la erosión?	Determinar el porcentaje de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizados como elemento en unidades de albañilería para mejorar la resistencia a la erosión.	El porcentaje óptimo de la adición de ceniza de linaza en los bloques de tierra comprimida (BTC) utilizado como un elemento en unidades de albañilería mejorara la resistencia a la erosión.		Durabilidad ante la erosión	Instrumentos: Software (Excel, Word), horno, balanza, tamices, ASTM, NTP.

Anexo 3. Panel fotográfico

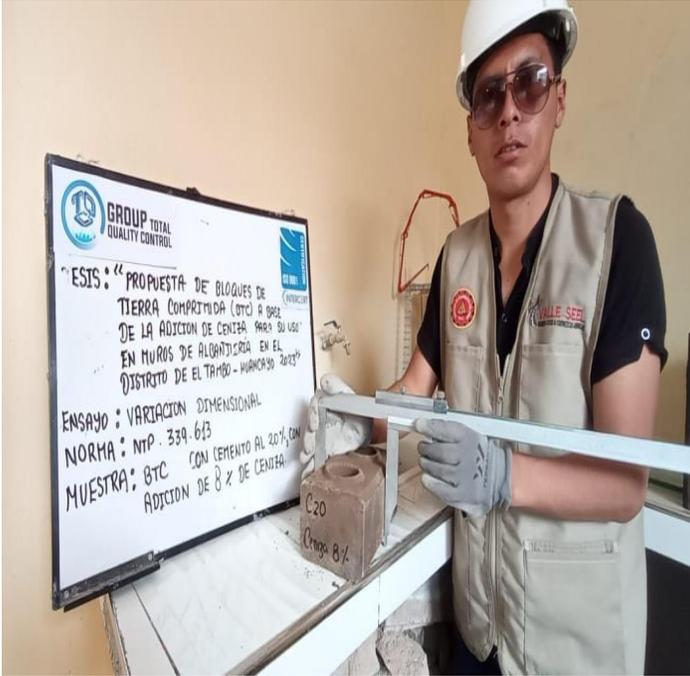
Medida del bloque 1



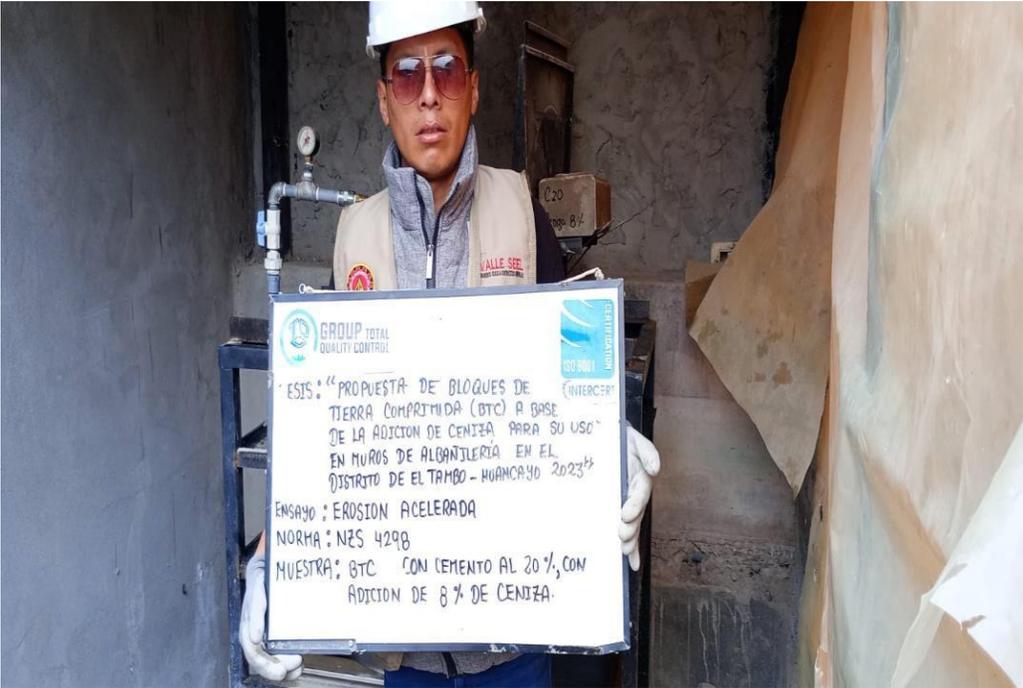
Medida del bloque 2

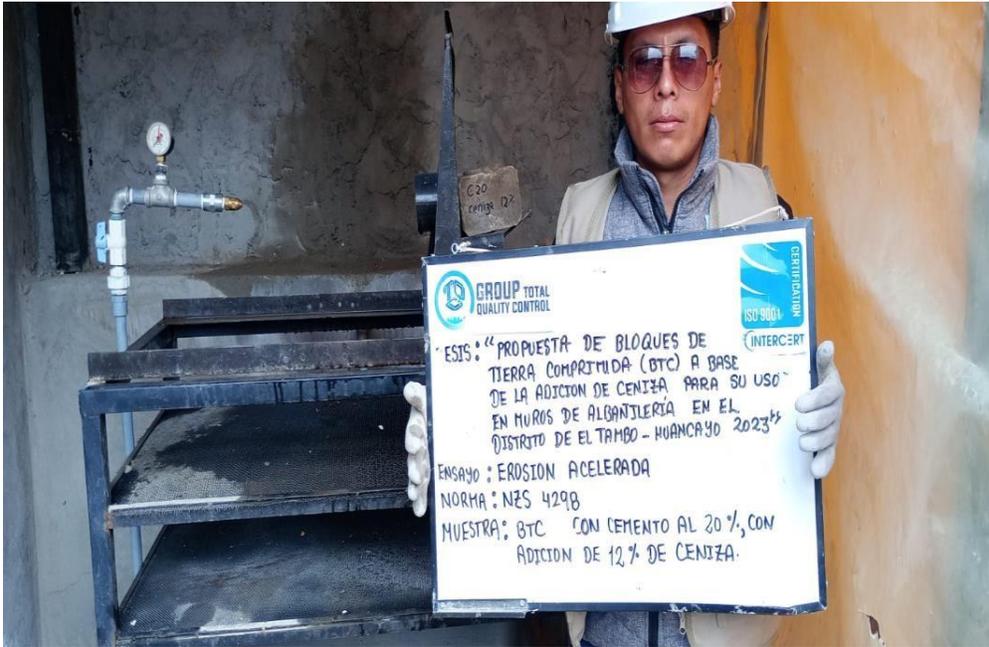


Medida del bloque 3



Ensayo de Resistencia a la erosión





Tamizado de ceniza con malla #200



Pesaje de materiales



Mezclado de materiales



Zarandeo de mezcla con malla #4



Prensado de bloques



Bloques elaborados



Secado de bloques



Curado de bloques y envoltura con vita film



Almacenamiento de los bloques



Medida del bloque 2



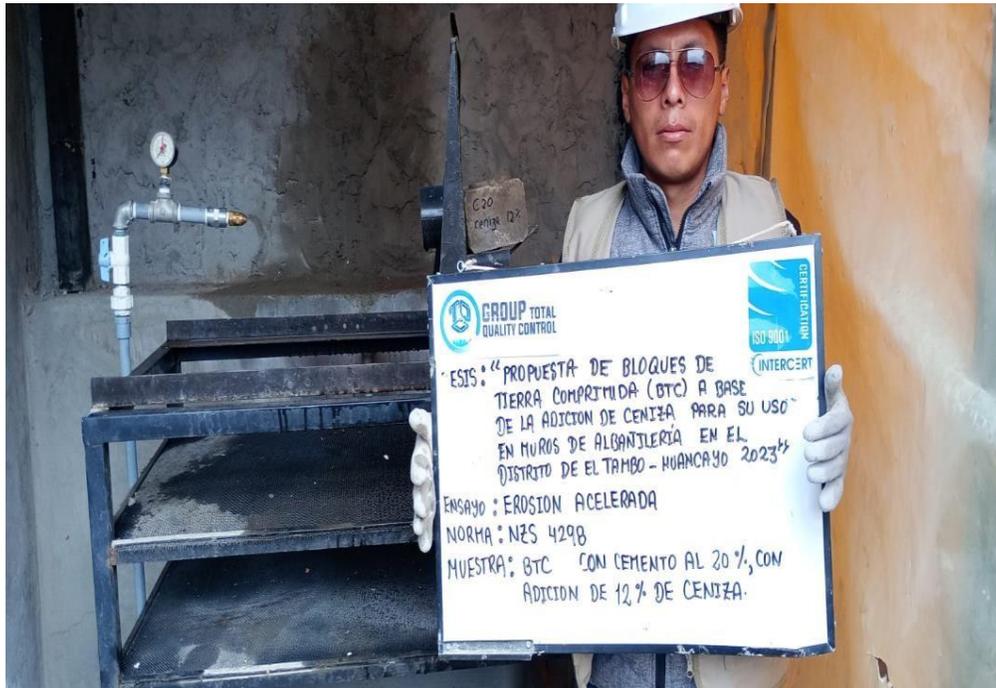
Medida del bloque 3



Compresión de los bloques



Ensayo de Resistencia a la erosión





Anexo 4. Ensayo de albañilería

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 15%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 15%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15%	1	0	1	0
BTC - CEMENTO 15%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15%	0	1	0	0
BTC - CEMENTO 15%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15%	0	0	0	0
Promedio	0.1	0.1	0.1	0.1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	1	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	1	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	0	0	1	0
Promedio	0.1	0	0.2	0.1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	1	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	0	0	1	0
Promedio	0.1	0	0.1	0

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	1	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	1	0	1	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	0	0	0	0
Promedio	0.1	0.1	0.1	0

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 20%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 20%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 20%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20%	0	0	1	0
BTC - CEMENTO 20%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20%	0	1	0	0
BTC - CEMENTO 20%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20%	0	0	1	0
Promedio	0	0.1	0.2	0.1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	1	1
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	0	0	1	0
Promedio	0	0	0.2	0.1

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	Superficie Cóncava (mm)		Superficie Convexa (mm)	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	0	0	1	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	0	0	0	1
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	1	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	0	0	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	0	1	0	0
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	0	0	0	0

PROMEDIO						9.6
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)	
	Obtención	Ensayo				
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3785	4186	10.59	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3796	4203	10.72	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3785	4182	10.49	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3792	4178	10.18	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3796	4195	10.51	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3784	4182	10.52	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3795	4205	10.80	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3794	4175	10.04	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3783	4175	10.36	
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 8%	10/11/2023	9/12/2023	3790	4173	10.11	
PROMEDIO						10.4

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3785	4205	11.1
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3780	4203	11.19
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3794	4248	11.97
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3786	4211	11.23
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3759	4204	11.84
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3791	4241	11.87
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3780	4216	11.53

BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3770	4206	11.56
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3786	4237	11.91
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 10%	10/11/2023	9/12/2023	3799	4251	11.90
				PROMEDIO	11.6

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3758	4215	12.16
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3805	4285	12.61
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3756	4215	12.22
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3748	4228	12.81
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3785	4265	12.68
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3796	4287	12.93
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3781	4269	12.91
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3784	4251	12.34
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3792	4274	12.71
BTC - CEMENTO 7% + CENIZA 12%	10/11/2023	9/12/2023	3746	4215	12.52

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 15%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3740	4115	10.03
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3785	4190	10.70
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3785	4185	10.57
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3748	4152	10.78
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3785	4167	10.09
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3780	4195	10.98
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3761	4158	10.56
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3795	4185	10.28
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3786	4165	10.01
BTC - CEMENTO 15%	10/11/2023	11/12/2023	3755	4156	10.68

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC 15% + CENIZA 12%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3785	4205	11.10
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3782	4209	11.29
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3784	4215	11.39
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3762	4212	11.96
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3780	4205	11.24
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3782	4209	11.29
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3781	4217	11.53
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3775	4205	11.39
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3781	4215	11.48
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 8%	10/11/2023	11/12/2023	3784	4202	11.05
			PROMEDIO	11.4	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC 15% + CENIZA 10%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3740	4198	12.25
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3748	4205	12.19
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3748	4216	12.49
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3795	4275	12.65
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3785	4264	12.66
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3775	4261	12.87

BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3715	4186	12.68
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3758	4214	12.13
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3775	4240	12.32
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 10%	10/11/2023	11/12/2023	3799	4259	12.11
				PROMEDIO	12.4

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC 15% + CENIZA 12%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3786	4305	13.71
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3782	4306	13.86
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3786	4315	13.97
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3795	4305	13.44
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3790	4305	13.59
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3786	4311	13.87
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3795	4315	13.70
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3799	4316	13.61
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3781	4296	13.62
BTC - CEMENTO 15% + CENIZA 12%	10/11/2023	11/12/2023	3785	4305	13.74
				PROMEDIO	13.7

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 20%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3780	4206	11.27
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3795	4215	11.07
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3782	4216	11.48
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3794	4218	11.18
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3786	4211	11.23
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3794	4218	11.18
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3785	4217	11.41

BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3796	4242	11.75
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3785	4224	11.60
BTC - CEMENTO 20%	11/11/2023	12/12/2023	3792	4214	11.13
				PROMEDIO	11.3

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3785	4257	12.47
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3782	4256	12.53
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3784	4261	12.61
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3762	4216	12.07
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3780	4251	12.46
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3782	4265	12.77
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3781	4265	12.80
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3775	4258	12.79
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3781	4251	12.43
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 8%	11/11/2023	12/12/2023	3784	4261	12.61
				PROMEDIO	12.6

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC 20% + CENIZA 10%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3781	4305	13.86
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3786	4305	13.71
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3784	4306	13.79
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3795	4305	13.44
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3786	4305	13.71
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3782	4297	13.62

BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3790	4315	13.85
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3781	4305	13.86
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3785	4286	13.24
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 10%	11/11/2023	12/12/2023	3765	4257	13.07
				PROMEDIO	13.6

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA BTC 20% + CENIZA 12%	FECHA		Peso seco Wd (g)	Peso saturado Ws (g)	Porcentaje de Absorción Ws (%A)
	Obtención	Ensayo			
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3780	4324	14.39
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3790	4326	14.14
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3785	4315	14.00
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3795	4328	14.04
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3785	4351	14.95
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3794	4355	14.79
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3784	4351	14.98
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3786	4345	14.76
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3748	4305	14.86
BTC - CEMENTO 20% + CENIZA 12%	11/11/2023	12/12/2023	3782	4317	14.15
				PROMEDIO	14.5

Anexo5. Ensayo de compresión

Ensayo de compresión a los 14 días para BTC con cemento al 7%

ÍTE M	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Días)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb
1	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	119.0 0	12134.6 7	38.8 3
2	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	119.6 0	12195.8 5	39.0 3
3	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	119.1 2	12146.9 0	38.8 7

4	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	119.5 6	12191.7 7	39.0 1
5	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	119.5 6	12191.7 7	39.0 1
6	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	122.6 6	12507.8 9	40.0 3
7	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	122.3 2	12473.2 2	39.9 1
8	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	122.9 7	12539.5 0	40.1 3
9	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	122.6 7	12508.9 1	40.0 3
10	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	122.5 6	12497.6 9	39.9 9
11	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	121.0 7	12345.7 5	39.5 1
12	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	121.7 6	12416.1 1	39.7 3
13	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	121.0 9	12347.7 9	39.5 1
14	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	121.1 8	12356.9 7	39.5 4
15	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	121.1 5	12353.9 1	39.5 3
16	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	118.4 5	12078.5 8	38.6 5
17	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	118.7 5	12109.1 8	38.7 5
18	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	118.4 5	12078.5 8	38.6 5
19	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	118.5 6	12089.8 0	38.6 9

20	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	24/11/202 3	14	250	12 5	90	3125 0	118.6 1	12094.9 0	38.7 0
----	-------------------------------------	----------------	----------------	----	-----	---------	----	-----------	------------	--------------	-----------

Ensayo de compresión a los 21 días para BTC con cemento al 7%

ÍTE M	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Días)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb
1	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.0 0	13664.2 5	43.7 3
2	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.1 2	13676.4 8	43.7 6
3	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.7 5	13740.7 3	43.9 7
4	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.5 6	13721.3 5	43.9 1
5	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.4 5	13710.1 4	43.8 7
6	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.8 5	14056.8 4	44.9 8
7	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.9 8	14070.1 0	45.0 2
8	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.9 4	14066.0 2	45.0 1
9	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.9 8	14070.1 0	45.0 2
10	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.8 9	14060.9 2	44.9 9
11	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.0 6	13873.9 6	44.4 0
12	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.0 1	13869.2 1	44.3 8
13	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.0 2	13870.2 3	44.3 8
14	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.1 0	13878.3 9	44.4 1

15	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.1 6	13884.5 1	44.4 3
16	BTC -Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.3 2	13492.9 4	43.1 8
17	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.6 7	13528.6 3	43.2 9
18	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.5 1	13512.3 1	43.2 4
19	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.5 7	13518.4 3	43.2 6
20	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.2 2	13482.7 4	43.1 4

Ensayo de compresión a los 28 días para BTC con cemento al 7%

ÍTE M	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Días)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb
1	BTC -Cemento 7%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	178.1 7	18168.3 5	58.1 4
2	BTC -Cemento 7%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	178.1 2	18163.2 5	58.1 2
3	BTC -Cemento 7%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	178.0 8	18159.1 7	58.1 1
4	BTC -Cemento 7%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	178.3 2	18183.6 5	58.1 9
5	BTC -Cemento 7%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	178.9 7	18249.9 3	58.4 0
6	BTC -Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	202.3 2	20630.9 8	66.0 2
7	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	202.1 3	20611.6 0	65.9 6
8	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	202.9 4	20694.2 0	66.2 2
9	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	202.8 8	20688.4 2	66.2 0

10	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	202.7 9	20679.2 4	66.1 7
	BTC -Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	200.2 0	20414.7 9	65.3 3
12	BTC -Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	200.8 7	20483.1 2	65.5 5
	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	200.5 4	20449.4 6	65.4 4
14	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	200.5 4	20449.4 6	65.4 4
	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	200.2 1	20415.8 1	65.3 3
16	BTC -Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	175.1 2	17857.3 4	57.1 4
	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	175.9 8	17945.0 3	57.4 2
18	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	175.1 9	17864.4 7	57.1 7
	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	175.5 7	17903.2 2	57.2 9
20	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	175.6 1	17906.7 9	57.3 0

Ensayo de compresión a los 7 días para BTC con cemento al 15%

ÍTE M	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Días)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb
1	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	17/11/202 3	7	250	12 5	90	3125 0	110.5 6	11274.0 2	36.0 8
	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	17/11/202 3	7	250	12 5	90	3125 0	111.7 8	11398.4 3	36.4 7
3	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	17/11/202 3	7	250	12 5	90	3125 0	110.2 1	11238.3 3	35.9 6
	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	17/11/202 3	7	250	12 5	90	3125 0	110.6 0	11278.1 0	36.0 9

5	BTC -	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	110.1	11229.1	35.9				
	Cemento 15%	3	3									5	0	2	6
6	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	115.6	11788.9	37.7				
	-	3	3									5	0	1	8
Ceniza 8%															
7	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	115.8	11814.4	37.8				
	-	3	3									5	0	6	8
Ceniza 8%															
8	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	115.6	11795.1	37.7				
	-	3	3									5	0	7	0
Ceniza 8%															
9	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	115.6	11793.0	37.7				
	-	3	3									5	0	5	6
Ceniza 8%															
10	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	115.8	11815.5	37.8				
	-	3	3									5	0	7	0
Ceniza 8%															
11	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	113.7	11600.3	37.1				
	-	3	3									5	0	6	3
Ceniza 10%															
12	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	113.0	11528.9	36.8				
	-	3	3									5	0	6	5
Ceniza 10%															
13	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	113.1	11535.0	36.9				
	-	3	3									5	0	2	7
Ceniza 10%															
14	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	113.0	11532.0	36.9				
	-	3	3									5	0	9	1
Ceniza 10%															
15	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	113.1	11538.1	36.9				
	-	3	3									5	0	5	3
Ceniza 10%															
16	BTC -														
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	109.9	11213.8	35.8				
	-	3	3									5	0	7	6
Ceniza 12%															

17	BTC -										
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	109.1	11130.2	35.6
	-	3	3			5		0	5	4	2
	Ceniza 12%										
18	BTC -										
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	109.5	11170.0	35.7
	-	3	3			5		0	4	1	4
	Ceniza 12%										
19	BTC -										
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	109.2	11137.3	35.6
	-	3	3			5		0	2	8	4
	Ceniza 12%										
20	BTC -										
	Cemento 15%	10/11/202	17/11/202	7	250	12	90	3125	109.5	11172.0	35.7
	-	3	3			5		0	6	5	5
	Ceniza 12%										

Ensayo de compresión a los 14 días para BTC con cemento al 15%

ÍTE M	IDENTIFICACI N DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Dias)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	f _b
1	BTC -	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	143.0	14582.0	46.6
	Cemento 15%	3	3						0	0	6
2	BTC -	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	143.4	14625.8	46.8
	Cemento 15%	3	3						0	3	4
3	BTC -	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	143.7	14661.5	46.9
	Cemento 15%	3	3						0	8	3
4	BTC -	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	143.2	14603.4	46.7
	Cemento 15%	3	3						0	1	1
5	BTC -	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	143.4	14624.8	46.8
	Cemento 15%	3	3						0	2	2
6	BTC -										
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	148.3	15126.5	48.4
	-	3	3			5		0	4	3	0
	Ceniza 8%										
7	BTC -										
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	148.4	15133.6	48.4
	-	3	3			5		0	1	6	3
	Ceniza 8%										
8	BTC -										
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	148.7	15171.3	48.5
	-	3	3			5		0	8	9	5
	Ceniza 8%										
9	BTC -										
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	148.3	15124.4	48.4
	-	3	3			5		0	2	9	0
	Ceniza 8%										

10	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	148.1	15111.2	48.3	
	-	3	3			5		0	9	3	6	
	Ceniza 8%											
11	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	146.8	14975.6	47.9	
	-	3	3			5		0	6	1	2	
	Ceniza 10%											
12	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	146.9	14981.7	47.9	
	-	3	3			5		0	2	3	4	
	Ceniza 10%											
13	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	147.0	14999.0	48.0	
	-	3	3			5		0	9	6	0	
	Ceniza 10%											
14	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	146.8	14973.5	47.9	
	-	3	3			5		0	4	7	2	
	Ceniza 10%											
15	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	147.0	14999.0	48.0	
	-	3	3			5		0	9	6	0	
	Ceniza 10%											
16	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	142.0	14487.1	46.3	
	-	3	3			5		0	7	6	6	
	Ceniza 12%											
17	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	142.1	14498.3	46.3	
	-	3	3			5		0	8	8	9	
	Ceniza 12%											
18	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	142.1	14495.3	46.3	
	-	3	3			5		0	5	2	9	
	Ceniza 12%											
19	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	142.2	14503.4	46.4	
	-	3	3			5		0	3	8	1	
	Ceniza 12%											
20	BTC -											
	Cemento 15%	10/11/202	24/11/202	14	250	12	90	3125	142.1	14497.3	46.3	
	-	3	3			5		0	7	6	9	
	Ceniza 12%											

Ensayo de compresión a los 21 días para BTC con cemento al 15%

E M	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Dias)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb
1	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	176.1 0	17957.2 7	57.4 6
2	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	176.6 8	18016.2 1	57.6 5
3	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	176.0 7	17954.2 1	57.4 5
4	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	176.1 1	17958.2 9	57.4 7
5	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	176.2 5	17972.8 4	57.5 1
6	BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	180.1 1	18366.1 8	58.7 7
7	BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	180.5 6	18411.6 6	58.9 2
8	BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	180.3 5	18390.6 5	58.8 5
9	BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	180.4 5	18400.8 5	58.8 8
10	BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	180.5 8	18413.9 7	58.9 2
11	BTC - Cemento 15% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	178.4 5	18196.9 0	58.2 3
12	BTC - Cemento 15% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	178.4 9	18200.9 8	58.2 4
13	BTC - Cemento 15% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	178.3 5	18186.7 1	58.2 0
14	BTC - Cemento 15% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	178.5 3	18205.0 6	58.2 6
15	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	178.5 7	18209.1 4	58.2 7

	-										
	Ceniza 10%										
16	BTC - Cemento 15% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	175.5 7	17903.2 2	57.2 9
17	BTC - Cemento 15% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	175.4 6	17892.0 1	57.2 5
18	BTC - Cemento 15% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	175.8 4	17930.7 6	57.3 8
19	BTC - Cemento 15% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	175.4 1	17886.9 1	57.2 4
20	BTC - Cemento 15% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	175.9 8	17945.0 3	57.4 2

Ensayo de compresión a los 28 días para BTC con cemento al 15%

ÍTE M	IDENTIFICACI O N DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Dias)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	f _b
1	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	192.1 0	19588.8 2	62.6 8
2	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	192.6 7	19646.9 5	62.8 7
3	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	192.6 6	19645.6 2	62.8 7
4	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	192.4 6	19625.5 3	62.8 0
5	BTC - Cemento 15%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	192.0 3	19581.9 6	62.6 6
6	BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	197.2 1	20109.9 0	64.3 5
7	BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	197.3 3	20122.1 3	64.3 9
8	BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	10/11/202 3	8/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	197.0 1	20089.5 0	64.2 9

	BTC -										
9	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	197.2	20110.9	64.3
	-	3	3			5		0	2	2	5
	Ceniza 8%										
	BTC -										
10	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	196.9	20086.7	64.2
	-	3	3			5		0	8	8	8
	Ceniza 8%										
	BTC - Cemento										
11	15% -	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	194.1	19793.7	63.3
	Ceniza 10%	3	3			5		0	1	8	4
	BTC - Cemento										
12	15% -	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	194.1	19800.9	63.3
	Ceniza 10%	3	3			5		0	8	2	6
	BTC -										
13	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	194.0	19783.5	63.3
	-	3	3			5		0	1	9	1
	Ceniza 10%										
	BTC -										
14	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	194.9	19882.5	63.6
	-	3	3			5		0	8	0	2
	Ceniza 10%										
	BTC -										
15	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	194.2	19808.0	63.3
	-	3	3			5		0	5	6	9
	Ceniza 10%										
	BTC - Cemento										
16	15% -	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	191.2	19500.1	62.4
	Ceniza 12%	3	3			5		0	3	1	0
	BTC -										
17	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	191.3	19513.3	62.4
	-	3	3			5		0	6	6	4
	Ceniza 12%										
	BTC -										
18	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	191.3	19512.3	62.4
	-	3	3			5		0	5	4	4
	Ceniza 12%										
	BTC -										
19	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	191.3	19511.3	62.4
	-	3	3			5		0	4	2	4
	Ceniza 12%										
	BTC -										
20	Cemento 15%	10/11/202	8/12/202	28	250	12	90	3125	191.5	19533.7	62.5
	-	3	3			5		0	6	6	1
	Ceniza 12%										

Ensayo de compresión a los 7 días para BTC con cemento al 20%

ÍTE M	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Días)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb						
1	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	132.2	13480.7	43.1						
	Cemento 20%	3	3									0	0	4			
2	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	132.0	13460.3	43.0						
	Cemento 20%	3	3									0	0	7			
3	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	132.6	13523.5	43.2						
	Cemento 20%	3	3									0	2	3	8		
4	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	132.6	13524.5	43.2						
	Cemento 20%	3	3									0	3	5	8		
5	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	132.6	13522.5	43.2						
	Cemento 20%	3	3									0	1	1	7		
6	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	137.7	14049.7	44.9						
	Cemento 20%											3	3	0	8	0	6
	- Ceniza 8%																
7	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	137.5	14027.2	44.8						
	Cemento 20%											3	3	0	6	7	9
	- Ceniza 8%																
8	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	137.2	13996.6	44.7						
	Cemento 20%											3	3	0	6	8	9
	- Ceniza 8%																
9	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	137.5	14027.2	44.8						
	Cemento 20%											3	3	0	6	7	9
	- Ceniza 8%																
10	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	137.0	13971.5	44.7						
	Cemento 20%											3	3	0	1	2	1
	- Ceniza 8%																
11	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	134.3	13699.9	43.8						
	Cemento 20%											3	3	0	5	4	4
	- Ceniza 10%																
12	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	134.5	13721.3	43.9						
	Cemento 20%											3	3	0	6	5	1
	- Ceniza 10%																
13	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	134.7	13742.2	43.9						
	Cemento 20%											3	3	0	7	6	8
	- Ceniza 10%																
14	BTC -	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	134.3	13696.8	43.8						
	Cemento 20%											3	3	0	2	8	3
	- Ceniza 10%																

15	BTC -											
	Cemento 20%	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	134.7	13742.7	43.9	
	-	3	3			5		0	7	7	8	
	Ceniza 10%											
16	BTC -											
	Cemento 20%	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	131.2	13378.7	42.8	
	-	3	3			5		0	0	3	1	
	Ceniza 12%											
17	BTC -											
	Cemento 20%	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	131.2	13382.8	42.8	
	-	3	3			5		0	4	1	2	
	Ceniza 12%											
18	BTC -											
	Cemento 20%	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	131.7	13435.2	42.9	
	-	3	3			5		0	5	2	9	
	Ceniza 12%											
19	BTC -											
	Cemento 20%	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	131.2	13381.7	42.8	
	-	3	3			5		0	3	9	2	
	Ceniza 12%											
20	BTC -											
	Cemento 20%	11/11/202	18/11/202	7	250	12	90	3125	131.5	13410.0	42.9	
	-	3	3			5		0	1	3	1	
	Ceniza 12%											

Ensayo de compresión a los 14 días para BTC con cemento al 20%

ÍTE M	IDENTIFICACIÓ N DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Dias)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb
1	BTC -	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	193.3	19711.1	63.0
	Cemento 20%	3	3								
2	BTC -	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	193.2	19700.9	63.0
	Cemento 20%	3	3								
3	BTC -	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	193.1	19692.0	63.0
	Cemento 20%	3	3								
4	BTC -	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	193.2	19700.9	63.0
	Cemento 20%	3	3								
5	BTC -	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	193.1	19693.8	63.0
	Cemento 20%	3	3								
6	BTC -										
	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	199.6	20355.6	65.1
	-	3	3			5		0	2	5	4
	Ceniza 8%										
7	BTC -	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	199.3	20325.0	65.0
	Cemento 20%	3	3								

	-											
	Ceniza 8%											
	BTC -											
8	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	199.9	20391.3	65.2	
	-	3	3			5		0	7	4	5	
	Ceniza 8%											
	BTC -											
9	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	199.7	20367.8	65.1	
	-	3	3			5		0	4	9	8	
	Ceniza 8%											
	BTC -											
10	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	199.3	20330.1	65.0	
	-	3	3			5		0	7	6	6	
	Ceniza 8%											
	BTC -											
11	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	196.3	20024.2	64.0	
	-	3	3			5		0	7	4	8	
	Ceniza 10%											
	BTC -											
12	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	196.3	20017.1	64.0	
	-	3	3			5		0	0	0	5	
	Ceniza 10%											
	BTC -											
13	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	196.6	20048.7	64.1	
	-	3	3			5		0	1	1	6	
	Ceniza 10%											
	BTC -											
14	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	196.4	20033.4	64.1	
	-	3	3			5		0	6	2	1	
	Ceniza 10%											
	BTC -											
15	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	196.3	20023.2	64.0	
	-	3	3			5		0	6	2	7	
	Ceniza 10%											
	BTC -											
16	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	192.5	19632.6	62.8	
	-	3	3			5		0	3	7	2	
	Ceniza 12%											
	BTC -											
17	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	192.6	19647.2	62.8	
	-	3	3			5		0	7	5	7	
	Ceniza 12%											
	BTC -											
18	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	192.5	19632.6	62.8	
	-	3	3			5		0	3	7	2	
	Ceniza 12%											
	BTC -											
19	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	192.5	19635.7	62.8	
	-	3	3			5		0	6	3	3	

	-										
	Ceniza 12%										
	BTC -										
20	Cemento 20%	11/11/202	25/11/202	14	250	12	90	3125	192.4	19622.4	62.7
	-	3	3			5		0	3	7	9
	Ceniza 12%										

Ensayo de compresión a los 21 días para BTC con cemento al 20%

ÍTE M	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Días)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb
1	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.0 0	13664.2 5	43.7 3
2	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.1 2	13676.4 8	43.7 6
3	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.7 5	13740.7 3	43.9 7
4	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.5 6	13721.3 5	43.9 1
5	BTC - Cemento 7%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	134.4 5	13710.1 4	43.8 7
6	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.8 5	14056.8 4	44.9 8
7	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.9 8	14070.1 0	45.0 2
8	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.9 4	14066.0 2	45.0 1
9	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.9 8	14070.1 0	45.0 2
10	BTC - Cemento 7% - Ceniza 8%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	137.8 9	14060.9 2	44.9 9
11	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.0 6	13873.9 6	44.4 0
12	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.0 1	13869.2 1	44.3 8
13	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.0 2	13870.2 3	44.3 8

14	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.1 0	13878.3 9	44.4 1
15	BTC - Cemento 7% - Ceniza 10%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	136.1 6	13884.5 1	44.4 3
16	BTC -Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.3 2	13492.9 4	43.1 8
17	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.6 7	13528.6 3	43.2 9
18	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.5 1	13512.3 1	43.2 4
19	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.5 7	13518.4 3	43.2 6
20	BTC - Cemento 7% - Ceniza 12%	10/11/202 3	1/12/202 3	21	250	12 5	90	3125 0	132.2 2	13482.7 4	43.1 4

Ensayo de compresión a los 28 días para BTC con cemento al 20%

ÍTE M	IDENTIFICACI N DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDA D (Días)	LARG O (mm)	ANCHO (mm)	ALTUR A (H) (mm)	AREA BRUTA (mm ²)	CARGA (KN)	CARGA (kg/cm ²)	fb
1	BTC -Cemento 20%	11/11/202 3	9/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	209.4 6	21359.0 6	68.3 5
2	BTC -Cemento 20%	11/11/202 3	9/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	209.3 2	21344.7 8	68.3 0
3	BTC -Cemento 20%	11/11/202 3	9/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	209.5 6	21369.2 5	68.3 8
4	BTC -Cemento 20%	11/11/202 3	9/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	209.3 1	21343.7 6	68.3 0
5	BTC -Cemento 20%	11/11/202 3	9/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	209.5 5	21367.8 9	68.3 8
6	BTC -Cemento 20% - Ceniza 8%	11/11/202 3	9/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	215.7 5	22000.4 6	70.4 0
7	BTC - Cemento 20% - Ceniza 8%	11/11/202 3	9/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	215.6 5	21990.2 6	70.3 7
8	BTC - Cemento 20%	11/11/202 3	9/12/202 3	28	250	12 5	90	3125 0	215.6 3	21988.2 2	70.3 6

	-											
	Ceniza 8%											
	BTC -											
9	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	215.4	21965.7	70.2	
	-	3	3			5		0	1	9	9	
	Ceniza 8%											
	BTC -											
10	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	215.5	21980.7	70.3	
	-	3	3			5		0	6	4	4	
	Ceniza 8%											
	BTC -											
11	BTC - Cemento 20% -	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	213.2	21742.4	69.5	
	Ceniza 10%	3	3			5		0	2	7	8	
	BTC -											
12	BTC - Cemento 20% -	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	213.4	21763.8	69.6	
	Ceniza 10%	3	3			5		0	3	8	4	
	BTC -											
13	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	213.4	21766.2	69.6	
	-	3	3			5		0	5	3	5	
	Ceniza 10%											
	BTC -											
14	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	213.5	21776.1	69.6	
	-	3	3			5		0	5	2	8	
	Ceniza 10%											
	BTC -											
15	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	213.1	21733.2	69.5	
	-	3	3			5		0	3	9	5	
	Ceniza 10%											
	BTC -											
16	BTC - Cemento 20% -	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	207.3	21141.8	67.6	
	Ceniza 12%	3	3			5		0	3	5	5	
	BTC -											
17	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	207.3	21145.9	67.6	
	-	3	3			5		0	7	3	7	
	Ceniza 12%											
	BTC -											
18	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	207.8	21194.8	67.8	
	-	3	3			5		0	5	8	2	
	Ceniza 12%											
	BTC -											
19	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	207.7	21183.6	67.7	
	-	3	3			5		0	4	6	9	
	Ceniza 12%											
	BTC -											
20	Cemento 20%	11/11/202	9/12/202	28	250	12	90	3125	207.1	21125.0	67.6	
	-	3	3			5		0	7	3	0	
	Ceniza 12%											

Anexo 6. Ensayos de Erosión

ENSAYO: EROSIÓN POR PULVERIZADO DE AGUA					
BTC - Cemento 15%	RESULTADOS			INDICADOR MÁXIMO DE EROSIONABILID A D	N RESTRICCIÓN
	BTC15%- A	BTC15%-B	BTC15%-C		
Ø máx. observable (mm)	1.00	0.00	1.00	1.00	≤10mm
PROFUNDIDAD (mm)	1.00	1.20	0.00	1.20	≤10mm
PERDIDA DE PESO (%)	1.80%	1.70%	1.80%	1.80%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	
BTC - Cemento 15% - Ceniza 8%	RESULTADOS			INDICADOR MÁXIMO DE EROSIONABILID A D	N RESTRICCIÓN
	BTC15%- CE8%-A	BTC15%- CE8%-B	BTC15%- CE8%-C		
Ø máx. observable (mm)	0.00	0.00	1.00	1.00	≤10mm
PROFUNDIDAD (mm)	1.00	1.00	1.00	1.00	≤10mm
PERDIDA DE PESO (%)	1.20%	1.00%	1.00%	1.20%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	
BTC - Cemento 15% - Ceniza 10%	RESULTADOS			INDICADOR MÁXIMO DE EROSIONABILID A D	N RESTRICCIÓN
	BTC15%- CE10%- A	BTC15%- CE10%-B	BTC15%- CE10%-B		
Ø máx. observable (mm)	1.00	0.00	0.00	1.00	≤10mm
PROFUNDIDAD (mm)	1.50	1.30	1.20	1.50	≤10mm
PERDIDA DE PESO (%)	1.60%	1.50%	1.60%	1.60%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	
BTC - Cemento 15% - Ceniza 12%	RESULTADOS			INDICADOR MÁXIMO DE EROSIONABILID A D	N RESTRICCIÓN
	BTC15%- CE12%- A	BTC15%- CE12%-B	BTC15%- CE12%-B		

Ø máx. observable (mm)	1.00	1.00	1.00	1.00	≤10mm
PROFUNDIDAD (mm)	1.00	1.20	0.00	1.20	≤10mm
PERDIDA DE PESO (%)	1.70%	1.70%	1.80%	1.80%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	

BTC - Cemento 20%	RESULTADOS			INDICADOR MÁXIMO DE EROSIONABILIDAD A D	RESTRICCIÓN N
	BTC20%-A	BTC20%-B	BTC20%-C		
Ø máx. observable (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	≤10mm
PROFUNDIDAD (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	≤10mm
PERDIDA DE PESO (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	≤5%

BTC - Cemento 20% - Ceniza 8%	RESULTADOS			INDICADOR MÁXIMO DE EROSIONABILIDAD D	RESTRICCIÓN N
	BTC20%-CE8%-A	BTC20%-CE8%-B	BTC20%-CE8%-C		
Ø máx. observable (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	≤10mm
PROFUNDIDAD (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	≤10mm
PERDIDA DE PESO (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	

BTC - Cemento 20% - Ceniza 10%	RESULTADOS			INDICADOR MÁXIMO DE EROSIONABILIDAD D	RESTRICCIÓN N
	BTC20%-CE10%-A	BTC20%-CE10%-B	BTC20%-CE10%-C		
Ø máx. observable (mm)	1.00	1.00	1.00	1.00	≤10mm
PROFUNDIDAD (mm)	1.00	1.00	1.00	1.00	≤10mm
PERDIDA DE PESO (%)	1.10%	1.00%	1.10%	1.10%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	

BTC - Cemento 20%	RESULTADOS			INDICADOR	RESTRICCIÓN
--------------------------	-------------------	--	--	------------------	--------------------

- Ceniza 12%	BTC20%-CE12%-A	BTC20%-CE12%-B	BTC20%-CE12%-C	MÁXIMO DE EROSIONABILIDAD	N
				A D	
Ø máx. observable (mm)	1.00	1.00	1.00	1.00	≤10mm
PROFUNDIDAD (mm)	1.00	1.00	1.00	1.00	≤10mm
PERDIDA DE PESO (%)	1.10%	1.20%	1.20%	1.20%	≤5%
CONDICIÓN FINAL	APTO	APTO	APTO	APTOS	

Anexo 7. Certificados de laboratorio



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIOS E INGENIERÍA CIVIL.

INFORME DE VERIFICACIÓN MC191 - IV - 2023

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	230157	<p>Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.</p> <p>Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.</p>
2. Solicitante	GROUP TOTAL QUALITY CONTROL S.A.C.	
3. Dirección	Jr. Miguel Grau Nro. 01 Pueblo Pilcomayo - Huancayo - JUNIN	
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)	
Diametro	8 pulgadas	
Designación	3 in 75 mm	
Marca	ARSOU GROUP	
Número de serie	218N20	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Verificación	2023-09-08	
6. Fecha de Emisión	2023-09-15	

JEFE DE LABORATORIO

Firmado digitalmente por
Angel Perez
Fecha: 2023.09.15
16:01:44 -05'00'

Sello



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
AV. PALMERAS 3535 - LOS OLIVOS - LIMA
CEL: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL_PE
ADMINISTRACION@METCAL_PE
WEB: WWW.METCAL_PE

INFORME DE VERIFICACIÓN MC191 - IV - 2023

Metrología & calibración
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

7. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-09 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

8. Lugar de Verificación

LABORATORIO DE LONGITUD - METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. - METCAL
Av. Palmeras N° 5535, Los Olivos - Lima

9. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,2 °C	19,2 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %



10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla patrón de Clase I INACAL DM / LLA-348-2022	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0140-2023
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-029-2022		
Bloque patrón (Grado 0) LLA-206-2021 / INACAL-DM	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 18 µm	1AD-0139-2023
Bloque patrón (Grado 0) LLA-280-2021 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-125-2022 / INACAL-DM		

11. Observaciones

- Se coloca una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrándola en buenas condiciones.
- Serie grabado en el instrumento.

**INFORME DE VERIFICACIÓN
 MC191 - IV - 2023**

Metrología & calibración
 Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

12. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (mm)	+ X Variación máxima de abertura (mm)	Resultando Abertura Máxima Individual (mm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
-0,095	-0,140	75,140	6,264

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de 3 in es de $\pm 2,22$ mm.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de 3 in es de $\pm 3,09$ mm.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de 3 in es de 78,09 mm.

Nota 4.- El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de 3 in es de $6,3 \pm 0,90$ mm.



Fin del Documento



Arsou Group

ARENA CALIBRADA PARA DENSIDAD DE CAMPO

Descripción	La arena calibrada para densidad de campo un material de alta calidad, limpia, uniforme, seca y seleccionada especialmente para ser utilizada en la realización de ensayos de densidad de campo con el método del cono de arena.
Campos de Aplicación	En ensayos de densidad de campo y densidades naturales por medio del método del cono de arena según las normas ASTM, AASHTO, NTP y MTC.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">- Arena de grano duro, que permite ser usada varias veces.- Gracias a su color blanco, se diferencia notablemente del suelo que se esta ensayando, evitando la contaminación cuando la arena es reciclada, a la vez que se nota la contaminación con otro tipo de material, evitando su utilización.- Por su alta densidad, no absorbe la humedad del ambiente fácilmente, evitando errores en la toma de datos durante los ensayos.
Datos básicos	
Color	: Blanco
Aspecto	: Arena
Origen	: Natural
Presentación	: bolsas de 10 kg.
Cantidad	: 10 kg
Partículas	: Presentado Tamiz #10 y retiene Tamiz N° 20
Almacenamiento	: Indefinido en sus envases originales y protegidos de la humedad.
Datos técnicos	
Densidad	: 1.48 g/cm ³
Coefficiente de Uniformidad (Cu)	: 1.596
Tamaño máximo	: 2.00 mm
Pasa la malla N° 60	: 0.0%

Cumple con las normas ASTM D-1556, AASHTO T-191, NTP 339.143 y MTC E117

Lima, 18 de Abril del 2022.

ARSOU GROUP S.A.C.

Luis Arevalo Carrico
ING. FÍSICO QUÍMICO

ASOC. DE VIVIENDA LAS FLORES DE SAN DIEGO MZ C LOTE 01 (GRIFO REPSOL DE SAN DIEGO) LIMA LIMA SAN MARTIN DE PORRES
www.arsougroup.com / ventas@arsougroup.com / 925151437



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2023/02/10
Solicitante GROUP TOTAL QUALITY CONTROL S.A.C.
Dirección JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO
Instrumento de medición **BALANZA**
Identificación NO INDICA
Intervalo de indicación 620 g
División de escala 0.1 g
Resolución
División de verificación (e) 0.1 g
Tipo de indicación Digital
Marca / Fabricante OHAUS
Modelo NV622ZH
N° de serie 8342157578
Procedencia ESTADOS UNIDOS
Ubicación Laboratorio de suelos
Lugar de calibración JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO
Fecha de calibración 2023/01/28

Método/Procedimiento de calibración
"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LMA-032-2023

Página 2 de 3

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1226-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1227-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1228-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1229-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1230-MPES-C-2022

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 5.8 °C Final: 6.2 °C
 Humedad Relativa Inicial: 98 %hr Final: 98 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 310 g			Carga L1= 620 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	310.0	0.001	-0.001	620.2	0.005	-0.002
2	310.0	0.002	-0.004	620.2	0.001	-0.002
3	310.0	0.004	-0.005	620.1	0.006	-0.002
4	310.0	0.003	-0.007	620.1	0.003	-0.005
5	310.0	0.003	-0.009	620.1	0.002	-0.002
6	310.0	0.004	-0.001	620.0	0.005	-0.003
7	310.1	0.004	-0.004	620.0	0.003	-0.001
8	310.1	0.007	-0.008	620.0	0.002	-0.007
9	310.1	0.006	-0.004	620.0	0.001	-0.005
10	310.1	0.005	-0.003	620.0	0.002	-0.002
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
310.1	0		0.05			
620.0	0		0.3			



ARSOU GROUP S.A.C
 Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
 METROLOGÍA



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Mín ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	0.5	0.5	0.004	-0.001	10	10.00	0.006	-0.001	0.001
2		0.5	0.006	-0.004		10.01	0.003	-0.001	0.004
3		0.5	0.005	0.004		10.00	0.004	-0.002	-0.005
4		0.5	0.007	0.001		10.01	0.001	0.004	0.003
5		0.5	0.009	-0.002		10.01	0.004	0.004	0.002

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0.05	0.05	0.004	-0.001						
1.00	1.00	0.006	0.004	0.004	1.00	0.006	0.001	0.004	0.1
5.00	5.00	0.002	-0.005	0.003	5.00	0.005	0.004	-0.003	0.1
10.00	10.00	0.002	0.004	0.005	10.00	0.009	-0.003	-0.003	0.1
50.00	50.00	0.001	0.002	0.001	50.00	0.004	0.002	0.0001	0.1
100.00	100.00	0.009	0.004	0.008	100.00	0.005	0.005	0.001	0.1
200.00	200.00	0.009	0.004	0.008	200.00	0.005	0.005	0.001	0.1
300.00	300.00	0.005	0.008	0.003	300.00	0.007	0.004	0.004	0.1
500.00	500.00	0.004	0.004	0.005	500.00	0.005	-0.03	-0.002	0.1
600.00	600.00	0.009	0.004	0.004	600.00	0.003	-0.008	-0.01	0.5
620.00	620.02	0.015	0.008	0.001	620.02	0.014	-0.011	-0.01	0.5

Leyenda

I: Indicación de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado
E₀: Error en cero E_c: Error corregido EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición: $U_p = 2 \cdot \sqrt{0,00005 \text{ g}^2 + 0,000006877059 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida: $R_{\text{corregida}} = R + 75,422890285 \text{ R}$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2023/02/10

Solicitante GROUP TOTAL QUALITY CONTROL S.A.C.

Dirección JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO
JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO

Instrumento de medición HUMEDAD RÁPIDA (SPEEDY)

Identificación NO INDICA

Marca ARSOU

Modelo NO INDICA

Serie 2022130

Capacidad 20 g

Manómetro NO INDICA

Rango de Humedad 20%

Procedencia PERÚ

Ubicación Laboratorio de suelos

Lugar de calibración JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO
JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO

Fecha de calibración 2023/02/10

Método/Procedimiento de calibración

La verificación se realizó contrastando los resultados obtenidos en el equipo a verificar y los resultados obtenidos del contenido de humedad realizado según la Norma ASTM D 2216.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
CADENT S.A.C.	Termómetro con doble sonda	0478-LT-2022
ARSOU GROUP S.A.C.	Horno	LMI-078-2022

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 26 °c	Final: 26 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 68 %hr

Resultados

TABLA N° 01
VERIFICACIÓN

% de Humedad de Horno	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (%)			Serie Promedio Humedad
	SERIE (1)	SERIE (2)	SERIE (3)	
2.88	2.84	2.94	2.89	2.89
4.61	4.71	4.65	4.76	4.71
6.84	6.79	6.81	6.71	6.77
9.41	9.40	9.34	9.38	9.37
11.61	11.54	11.61	11.58	11.58
14.42	14.34	14.41	14.39	14.38

Coefficiente de correlación...: $R^2 = 0,9999$

Recta de ajuste: $Y = 0,9929x + 0,0481$

Donde:
X : lectura del manómetro
Y : porcentaje corregido



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vlv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LBS-059-2023

Página 3 de 4

TABLA N° 02

% Humedad Natural de Horno	Lectura Dial Promedio %
2.88	2.89
4.61	4.71
6.84	6.77
9.41	9.37
11.61	11.58
14.42	14.38

TABLA N° 03

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216

1	N° RECIPIENTE		0	I	II	III	IV	V
2	PESO DEL RECIPIENTE	g	51.20	13.10	11.70	13.00	62.70	11.20
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	g	101.20	63.00	61.70	63.00	112.70	61.20
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	g	99.80	60.80	58.50	58.70	107.50	54.90
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (3) - (4)	g	1.40	2.20	3.20	4.30	5.20	6.30
6	PESO DEL SUELO SECO (4) - (2)	g	48.60	47.70	46.80	45.70	44.80	43.70
7	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL HORNO (5) / (6) * 100	%	2.88	4.61	6.84	9.41	11.61	14.42
8	EQUIVALENCIA EN PRESION DE BOTELLA	%	2.89	4.71	6.77	9.37	11.58	14.38



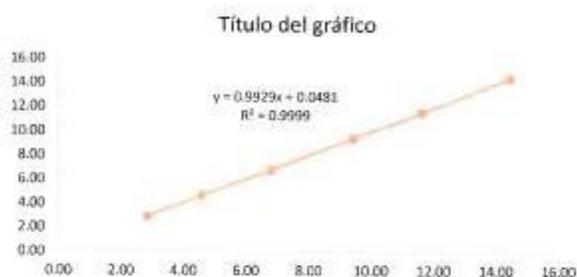
ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Aravalo Carrica
METROLOGIA



Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de Ajuste
 $Y = 0.9929x + 0.0481$

VALORES DE HUMEDAD PARA MUESTRAS DE 30 g. y 2 CUCHARADA DE REACTIVO.

Lect. %	Humedad %	Lect. %	Humedad %
1	1.041	11	10.97
2	2.0339	12	11.9629
3	3.0268	13	12.9558
4	4.0197	14	13.9487
5	5.0126	15	14.9416
6	6.0055	16	15.9345
7	6.9984	17	16.9274
8	7.9913	18	17.9203
9	8.9842	19	18.9132
10	9.9771	20	19.9061

L : LECTURA
H : HUMEDAD

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La Incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



Fin de documento

ARSOU GROUP
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0635-113-2023

Página 1 de 2

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2023/02/10
Solicitante	GROUP TOTAL QUALITY CONTROL S.A.C.
Dirección	JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO JUNIN – HUANCAYO - PILCOMAYO
Instrumento de medición	MARTILLO PROCTOR DE 5.5 LB
Identificación	0635-113-2023
Marca	ARSOU
Modelo	NO INDICA
Serie	809021
Estructura	FIERRO
Acabado	ZINCADO
Procedencia	PERÚ
Ubicación	Laboratorio de suelos
Lugar de Calibración	JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO JUNIN – HUANCAYO - PILCOMAYO
Fecha de Calibración	2023/02/01

Método/Procedimiento de calibración

La Calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 5ta Ed. 2012., "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del Instituto Nacional de Calidad – INACAL y la Norma ASTM D 1557 y MTC E 115 Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada (56 000 pie-lb/pie³ [2 700 kN-m/m³]).

ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Aragón Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP SAC. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUPS.A.C.





Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm	ML-0276-2019 con trazabilidad – LLA-C-040-2019, LLA-397-2018, LLA-229-2018 – Laboratorio Acreditado Registro N° LC-017.
CADENT S.A.C.	Balanza Ohaus de 30 kg x 1kg	1208-LM-2019

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,8 °C	Final: 22,8 °C
Humedad Relativa	Inicial: 63% hr	Final: 65% hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados:

TABLA N° 01
VERIFICACIÓN

	Promedio	Tolerancia	Resultado
Peso Martillo (g.)	2500	2500 ± 10	OK
∅ Cara Impacto (mm)	50.8	50,8 ± 0,13	OK
Altura de Caída (mm)	305	304,8 ± 1,3	OK

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

ARSOU GROUP S.A.C.
Eg. Hugo Luis Arévalo Carrica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LFP-019-2023

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2023/02/10

Solicitante GROUP TOTAL QUALITY CONTROL S.A.C.

Dirección JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO

Instrumento de medición PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA

Identificación NO INDICA

Marca Prensa ARSOU

Modelo PR401

Serie 88381

Celda de Carga ANYLOAD

Modelo 101NH-10KLB

Indicador ANYLOAD

Modelo DD-KL1

Serie PENDIENTE A COMPLETAR

Ubicación Laboratorio de suelos

Lugar de calibración JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO JUNIN - HUANCAYO - PILCOMAYO

Fecha de calibración 2023/02/06

Método/Procedimiento de calibración
El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines". Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carrica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga 100 t	INF-LE N° 175-21

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 24,6 °c	Final: 25,2 °c
Humedad Relativa	Inicial: 75 %hr	Final: 75 %hr

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE CELDA DE CARGA

SISTEMA DIGITAL "A" Kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" Kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) Kg	SERIE (2) Kg	ERROR %	ERROR (2) %			
500	500.3	499.8	0.06	-0.04	500.1	0.01	0.07
1000	1001.0	1000.3	0.10	0.03	1000.7	0.06	0.05
1500	1500.2	1501.3	0.01	0.09	1500.8	0.05	0.05
2000	2000.0	2000.6	0.00	0.03	2000.3	0.01	0.02
2500	2501.6	2500.0	0.06	0.00	2500.8	0.03	0.05
3000	2999.8	2999.0	-0.01	-0.03	2999.4	-0.02	0.02
3500	3501.0	3500.9	0.03	0.03	3501.0	0.03	0.00
4000	3999.8	4001.0	0.00	0.03	4000.4	0.01	0.02

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = \frac{(A-B)}{B} * 100$$

$$Rp = Error(2) - Error(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arevalo Carrica
METROLOGIA

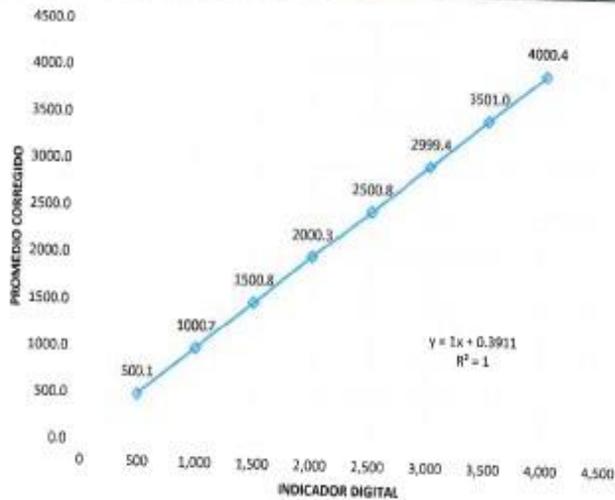
ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de vlv. Las Flores de San Diego Mx C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com



Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1x + 0,3911$
 $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 %
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 410-064-2023

Página 1 de 3

Arso Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2023/02/10
Solicitante	GROUP TOTAL QUALITY CONTROL S.A.C.
Dirección	JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO JUNIN – HUANCAYO - PILCOMAYO
Instrumento de medición	PRENSA HIDRAHULICA PARA ROTURA DE CONCRETO
Identificación	410-064-2023
Marca	PYS EQUIPOS EIRL
Modelo	STYE-2000
Serie	160653
Capacidad	2000 kN
Indicador	DIGITAL
Bomba	ELÉCTRICA
Procedencia	CHINA
Ubicación	Laboratorio de suelos
Lugar de Calibración	JR. MIGUEL GRAU NRO. 01 PUEBLO PILCOMAYO JUNIN – HUANCAYO - PILCOMAYO
Fecha de Calibración	2023/02/01

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials – Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP SAC, no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUPS.A.C.




ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Myho Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 TN	192-19 con trazabilidad INF-LE 250-18.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 20,3 °C	Final: 20,5 °C
Humedad Relativa	Inicial: 63% hr	Final: 65% hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados:

TABLA N° 01
CALIBRACIÓN DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" Kn	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (kg)				PROMEDIO "B" Kn	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIES (1) kN	SERIES (2) Kn	ERROR %	ERROR (2) %			
100	99.4	99.5	-0.6	-0.5	99.5	-0.55	0.07
200	198.9	199.1	-0.6	-0.5	199.0	-0.55	0.07
300	300.0	299.8	0.0	-0.1	299.9	-0.05	0.04
400	400.1	400.1	0.0	0.0	400.1	0.00	0.00
500	499.4	499.5	-0.1	-0.1	499.5	-0.10	0.01
600	600.3	600.9	0.1	0.2	600.6	0.15	0.07
700	700.5	702.4	0.1	0.3	701.5	0.20	0.20
800	804.5	805.7	0.6	0.7	805.1	0.65	0.11

NOTAS SOBRE CALIBRACIÓN

1. – La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
2. – Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
3. – La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0%
4. – Incertidumbre expandida del Error (Ep) = 0,35 % (1,73 kN)

ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Luis Arévalo Carnica
METROLOGIA



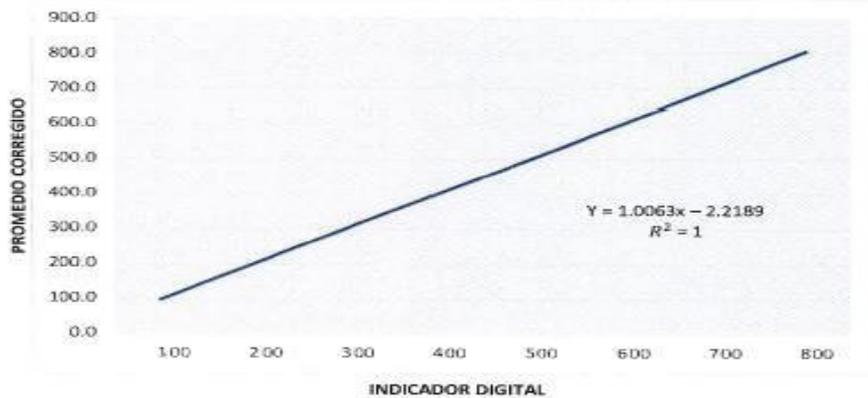
ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf:+51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel:+51 925 151 437



Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRÁFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1,0063x - 2,2189$

Coefficiente de Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

to Luis Arávalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vlv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com