

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL  
ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL  
10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DE  
CAL, CAJAMARCA - 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Nilton Zambrano Delgado

**Asesor:**

Dr. Orlando Aguilar Aliaga

<https://orcid.org/0000-0002-9255-1285>

Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMAN	71106769
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	TULIO EDGAR GUILLEN SHEEN	26676774
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	CARLOS ELDER RUDECINDO CALUA CARRASCO	71573678
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### INFORME DE TESIS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>17%</b>	<b>18%</b>	<b>10%</b>	<b>13%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.upagu.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.usmp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>polodelconocimiento.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## **DEDICATORIA**

Dedico con toda mi gratitud esta tesis a mi madre Marina Emelina Delgado Soto, que pese a su estado de salud sigue luchando y enseñándome muchos valores de vida, gracias por ser símbolo de perseverancia.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro Creador que gracias a Él todo ha sido posible, para poder realizar esta investigación.

A mi padre José Inocente Zambrano Pérez por ser un ejemplo de honradez, solidaridad y trabajo.

A mi esposa Mónica Medalí Zamora García, por estar siempre perenne a mi lado con su apoyo incondicional, a mis hijos Amy Zareth e Iker Joseph por quienes voy a singular en mi vida.

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>20</b>
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>21</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	22
CAPÍTULO III: RESULTADOS	32
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS	45
ANEXOS	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Cantidad de adobes compactados para los ensayos .....	23
<b>Tabla 2:</b> Metodología para los ensayos de las propiedades físicas del material.....	27
<b>Tabla 3:</b> Procedimiento para la elaboración de adobes compactados .....	29
<b>Tabla 4:</b> Procedimiento para el ensayo de compresión y flexión del adobe compactado.....	30
<b>Tabla 5:</b> Resultado del Ensayo Contenido de Humedad .....	32
<b>Tabla 6:</b> Resultado del ensayo Peso Específico .....	32
<b>Tabla 7:</b> Resultado de Ensayo Granulometría por Lavado.....	33
<b>Tabla 8:</b> Límites de Consistencia .....	33
<b>Tabla 9:</b> Resultados de la Densidad máxima y Óptimo contenido de Humedad.....	34
<b>Tabla 10:</b> Resultados de la Muestra Patrón .....	36
<b>Tabla 11:</b> Adición de 10% de Residuos de cantera de Cal .....	36
<b>Tabla 12:</b> Adición de 15% de Residuos de cantera de Cal.....	37
<b>Tabla 13:</b> Adición de 20% de Residuos de cantera de Cal.....	37
<b>Tabla 14:</b> Resistencia a la flexión sin adición de residuos de cantera de cal .....	38
<b>Tabla 15:</b> Reemplazo de 10% de Residuos de cantera de Cal .....	38
<b>Tabla 16:</b> Adición de 15% de Residuos de cantera de Cal .....	39
<b>Tabla 17:</b> Adición de 20% de residuos de cantera de Cal .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Curva Granulométrica .....	33
<b>Figura 2:</b> Interección del contenido de Humedad con el número de Golpes .....	34
<b>Figura 3:</b> Curva de Compactación para la Muestra Patrón .....	34
<b>Figura 4:</b> Curva de Compactación con 10% de Residuos de cantera de Cal .....	35
<b>Figura 5:</b> Curva de Compactación con 15% de Residuos de cantera de Cal .....	35
<b>Figura 6:</b> Curva de Compactación con 20% de Residuos de cantera de Cal .....	35
<b>Figura 7:</b> Resumen y comparación de la resistencia a la compresión respecto a la Norma E:080 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 8:</b> Resumen y comparación de la resistencia a la flexión respecto a la Norma E:080 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>



## RESUMEN

En la presente investigación se determinó la resistencia a la compresión y flexión de adobes compactados con la adición de 10%, 15% y 20% de cal, el material para la elaboración de dichos especímenes fue extraído del caserío La Lucma – El Bado, del distrito de Bambamarca. En cuanto a la metodología, este trabajo fue de tipo investigación aplicada con enfoque cuantitativo y con diseño experimental, para ello se elaboraron 48 unidades de adobe compactado con la máquina Cinva RAM y secados en un periodo de 28 días, para ser sometidos luego a compresión y flexión. Como resultado se pudo obtener tanto en la resistencia a la compresión y flexión valores por debajo de la muestra patrón; en el caso de la resistencia a la compresión en la adición del 20% no superó la norma E:080. Finalmente se concluye que la adición de residuos de cantera de cal a adobes compactados, en general no incrementa los valores de la resistencia a compresión cuyos valores son: muestra patrón 24.35 kg/cm<sup>2</sup> y al adicionar residuos de cantera de cal al 10%, 15% y 20%, se obtuvieron valores promedio de 27.16 kg/cm<sup>2</sup>, 18.63 kg/cm<sup>2</sup> y 16.20 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente; en cuanto a la flexión sucede algo similar, los resultados obtenidos fueron: muestra patrón 20.22 kg/cm<sup>2</sup> y al adicionar residuos de cantera de cal al 10%, 15% y 20%, se obtuvieron los siguientes valores de 26.61 kg/cm<sup>2</sup>, 17.66 kg/cm<sup>2</sup> y 18.00 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; resultados con los cuales se podría concluir que al incrementar los porcentajes de residuos de cantera de cal las resistencias tanto de compresión y flexión son variables y tienden a decrecer.

**PALABRAS CLAVES:** Residuos de Cal, compresión y flexión.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La historia del adobe se remonta a miles de años atrás, con evidencia de su uso en culturas antiguas como los egipcios, mesopotámicos, incas y pueblos indígenas de América. Estos pueblos descubrieron que el adobe era un material duradero, económico y fácil de trabajar que proporcionaba un excelente aislamiento térmico (Villanueva & Thajana, 2016).

En el suroeste de los Estados Unidos, los pueblos indígenas como los Anasazi, los Pueblo y los Hopi construyeron elaboradas ciudades y pueblos de adobe, como Mesa Verde en Colorado y Chaco Canyon en Nuevo México. Estas estructuras, algunas de las cuales aún se pueden visitar hoy en día, muestran la habilidad y la ingeniería de estas culturas para construir con adobe en un entorno árido (Gama-Castro et. al., 2012).

Es interesante notar que Cajamarca alberga alrededor del 10.9% de las viviendas que utilizan predominantemente el adobe, tapia o quincha, lo que sugiere que estas técnicas de construcción son particularmente comunes en esa región (Sáenz, 2019).

Al implementar estas alternativas, se puede mejorar la calidad y la seguridad de las estructuras de adobe, al mismo tiempo que se promueve el uso responsable de los recursos locales y se reduce el costo general de la construcción al minimizar la necesidad de materiales importados (Benites, 2017). En resumen, el uso de materiales de construcción como el adobe no solo puede ser rentable y sostenible, sino que también puede contribuir a la preservación y protección del medio ambiente al reducir la cantidad de residuos contaminantes generados durante el ciclo de vida de una estructura (Castro, 2020).

Al compactar el adobe, se logran varias mejoras significativas en las propiedades del material:

**Mayor resistencia a la compresión:** La compactación aumenta la densidad del adobe, lo que resulta en una mayor resistencia a la compresión. Esto significa que las unidades de adobe compactado pueden soportar cargas verticales más pesadas sin deformarse o colapsar.

**Mayor resistencia a la flexión:** La compactación mejora la cohesión del adobe, lo que también aumenta su resistencia a la flexión. Esto hace que el adobe compactado sea más adecuado para resistir fuerzas laterales, como las provocadas por el viento o los sismos.

**Elevada resistencia a la erosión:** La compactación reduce la porosidad del adobe, lo que lo hace menos permeable al agua y más resistente a la erosión causada por la lluvia o el viento. Esto es especialmente importante en áreas con climas húmedos o con fuertes precipitaciones.

**Mejor comportamiento mecánico:** En general, el adobe compactado tiene un mejor comportamiento mecánico en comparación con el adobe no compactado. Esto significa que es más confiable y seguro como material de construcción.

(Salazar Terrones, 2019)

Hay numerosas investigaciones que exploran la adición de diferentes tipos de residuos al adobe compactado, proporcionando valiosos aportes y puntos de partida para la investigación. Aquí hay algunas áreas de investigación relacionadas que podrían ser útiles:

Viera et. al., (2023) realizaron adobes utilizando cangahua, cal, arcilla y paja, y cómo estas mezclas afectan las características mecánicas del material resultante. Aquí hay algunas conclusiones clave que se pueden extraer de tu descripción:

Características mecánicas cumplen con normativas: Los adobes elaborados con cangahua, cal, arcilla y paja cumplen con las normativas pertinentes en términos de

características mecánicas. Esto sugiere que estos adobes son adecuados para su uso en construcción tradicional de tierra y restauración patrimonial, lo que los convierte en una opción viable y sostenible para proyectos de este tipo.

Reducción de resistencia a la compresión con cal hidratada: La combinación de cal hidratada, ya sea de origen artesanal o industrial, con canchagua de la provincia de Imbabura parece resultar en una reducción de la resistencia a la compresión de los morteros elaborados con estos materiales. Esta es una observación importante que puede influir en la selección de materiales y en la formulación de mezclas para futuros proyectos de construcción.

Importancia de la selección de materiales: Los resultados sugieren que la selección cuidadosa de los materiales utilizados en la elaboración de adobes es crucial para garantizar las propiedades deseadas del producto final. La combinación de diferentes ingredientes puede tener un impacto significativo en las características mecánicas y la calidad del adobe resultante.

En resumen, este artículo proporciona una visión importante sobre la elaboración de adobes utilizando canchagua, cal, arcilla y paja, y destaca la importancia de considerar la composición de los materiales para lograr adobes con las propiedades mecánicas adecuadas para su uso en la construcción y restauración de edificaciones patrimoniales

Medina (2019) El objetivo principal del estudio fue observar la resistencia a la compresión y a la flexión de la arcilla compactada a la que se le agregó 1% , 2%, 3% de cal , así como 0,5%, 1% y 1,5% de fibras de caucho . Para hacer esto, se realizaron pruebas de laboratorio para conocer las propiedades físicas del suelo y pruebas de flexión. Se realizaron pruebas de laboratorio para ver qué tan resistente era la arcilla compactada al ser comprimida. Según los resultados, la resistencia a la compresión de los adobes a los que se les agregó 1%, 2% o 3% de cal y 0.5%, 1%, 1.5% de fibras de caucho tuvo valores de 17.10 kg/cm<sup>2</sup>, 19.93 kg/cm<sup>2</sup>, y 24,11 kg/cm<sup>2</sup>, que fue un 71,91% superior al valor encontrado para la muestra simple

que fue de 14,29 kg/cm<sup>2</sup>. En términos de flexión resistencia, al agregar 1%, 2% o 3% de cal y 0,5%, 1% o 1,5% de fibras de caucho se obtuvieron valores de 6,95 kg/cm<sup>2</sup>, 7,82 kg/cm<sup>2</sup> y 9,21 kg/cm<sup>2</sup>, que es un aumento del 48,97% respecto a la muestra base de 5,76 kg/cm<sup>2</sup>. al agregar 1%, 2% o 3% de cal y 0,5%, 1% o 1,5% de fibras de caucho se obtuvieron valores de 6,95 kg/cm<sup>2</sup>, 7,82 kg/cm<sup>2</sup> y 9,21 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa un aumento del 48,97%. en comparación con la muestra base de 5,76 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados son superiores a los requeridos por la norma E.080, que es de 10,2 kg/cm<sup>2</sup> para resistencia a la compresión y 0,81 kg/cm<sup>2</sup> para resistencia a la flexión. La hipótesis también muestra que es superior al 12% para la resistencia a la compresión y al 9% para la resistencia a la flexión.

Quiroz (2020), en su investigación analizó la resistencia a flexión, compresión y grado de absorción del adobe compactado, utilizando la máquina CINVA RAM y añadiendo cal hidratada en diferentes porcentajes.

Inicialmente, se seleccionó material de una cantera que fuera adecuado para la elaboración del adobe compactado, verificando su idoneidad mediante ensayos de laboratorio. Posteriormente, se agregaron tres niveles de cal hidratada (2%, 4% y 6%) al material seleccionado. Se llevaron a cabo ensayos para evaluar la resistencia a la compresión, flexión y absorción de cada muestra.

Los resultados mostraron que, si bien las muestras de adobe compactado con 4% y 6% de cal hidratada lograron superar la resistencia mínima establecida por la norma E.080 en la prueba de compresión, no alcanzaron el nivel de resistencia de la muestra patrón. En cuanto a la prueba de flexión, se observó que solo en ciertos casos se logró superar el estándar establecido, debido a la falta de un aditivo que aumentara la resistencia necesaria.

En relación con la absorción, se notó que a medida que se incrementaba el porcentaje de cal hidratada, la impermeabilidad del adobe aumentaba, lo que significa que una mayor incorporación del aditivo reducía la capacidad de absorción.

En resumen, aunque el adobe compactado con cal hidratada en ciertos porcentajes cumplió con la resistencia mínima establecida por la norma en compresión y mostró mejoras en la impermeabilidad, no logró igualar la resistencia de la muestra patrón y mostró limitaciones en la prueba de flexión debido a la falta de un aditivo adecuado.

La investigación realizada por Díaz (2022) es relevante para el estudio de la resistencia del adobe compactado utilizando diferentes tipos de fibras naturales. Aquí hay un resumen de los hallazgos y conclusiones principales:

**Objetivo del estudio:** Determinar la resistencia a compresión axial del adobe compactado utilizando tres tipos de fibras naturales: fibra de coco, fibra de seudotallo de plátano y paja toquilla.

**Metodología:** Se llevaron a cabo varios estudios y pruebas, incluyendo análisis granulométrico, límites de consistencia y clasificación del suelo según la norma E-080. Se utilizó tierra extraída de la cantera "Pariamarca" y se realizó el ensayo Proctor modificado para determinar el contenido de humedad óptimo para la elaboración de los adobes.

**Resultados:** La resistencia axial del adobe patrón fue de 22.95 kg/cm<sup>2</sup>. Al adicionar diferentes tipos de fibras en tamaños específicos, se observaron mejoras significativas en la resistencia. Por ejemplo, al adicionar fibra de coco en tamaños de 5 y 7 cm, la resistencia aumentó a 33.92 kg/cm<sup>2</sup> y 40.12 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Similarmente, al adicionar fibra de seudotallo de plátano en los mismos tamaños, se alcanzaron resistencias de 36.60 kg/cm<sup>2</sup> y 30.38 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por último, al adicionar paja toquilla en tamaños de 5 y 7 cm, se alcanzaron resistencias de 41.04 kg/cm<sup>2</sup> y 36.40 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

**Cumplimiento de normativas:** Los resultados obtenidos superaron los valores requeridos por la norma NTP E.080 - 2017, que establece una resistencia mínima de 10.2 kg/cm<sup>2</sup> para el adobe compactado.

**Conclusiones:** Se concluyó que los adobes compactados con paja toquilla fueron los que mostraron los mejores resultados en términos de resistencia a la compresión axial, superando los estándares establecidos por la normativa.

La investigación llevada a cabo por Cercado & Hoyos (2023) proporciona información importante sobre el efecto de la adición de fibras de seudotallo de banano en la resistencia a compresión y flexión de adobes compactados. Aquí se presenta un resumen de los hallazgos y conclusiones principales:

**Objetivo del estudio:** Analizar la resistencia a compresión y flexión de adobes compactados mediante la adición de diferentes porcentajes de fibras de seudotallo de banano en dimensiones específicas.

**Metodología:** El estudio se llevó a cabo utilizando un enfoque experimental multivariado con un diseño cuantitativo. Se utilizaron adobes fabricados a partir de suelo extraído de una cantera ubicada en el sector 23 de Cajamarca. Se añadieron tres porcentajes de fibras de seudotallo de banano (0.5%, 0.7% y 0.9% respecto al peso del suelo) en tres dimensiones diferentes (5cm, 7cm y 9cm). Se realizaron un total de 120 ensayos, divididos equitativamente entre pruebas de resistencia a compresión y flexión.

**Resultados:** Se observó un aumento significativo en la resistencia a compresión y flexión de los adobes compactados con la adición de fibras de seudotallo de banano. Los resultados más destacados fueron un incremento de hasta un 183.72% en la resistencia a compresión y un 193.41% en la resistencia a flexión para adobes con un 0.9% de fibras de

seudotallo de banano en una longitud de 7cm. Estos valores superaron considerablemente la hipótesis inicial que sugería un incremento de hasta un 15% en la resistencia.

Conclusiones: Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de que la adición de fibras de seudotallo de banano mejora significativamente la resistencia a compresión y flexión de los adobes compactados. Además, muestran que el aumento de resistencia puede ser mucho mayor de lo anticipado, lo que indica un gran potencial para utilizar este material en la construcción de estructuras más duraderas y resistentes.

En resumen, esta investigación proporciona evidencia sólida de los beneficios de agregar fibras de seudotallo de banano en adobes compactados, lo que podría tener importantes implicaciones en la práctica de construcción, especialmente en regiones donde el adobe es un material de construcción común. Las bases teorías más importantes para el desarrollo de esta tesis son las siguientes:

### **El adobe:**

El adobe es un material de construcción tradicional que consiste en un bloque macizo de tierra sin cocer. La tierra utilizada para fabricar adobe generalmente se mezcla con agua y, en algunos casos, se agrega paja u otros materiales fibrosos para mejorar su estabilidad y cohesión (Gómez, 2015).

Este proceso de fabricación del adobe es relativamente simple y se ha utilizado durante siglos en todo el mundo. Proporciona una forma económica y sostenible de producir material de construcción para una variedad de aplicaciones, desde viviendas hasta estructuras agrícolas y comerciales (Moscoso-Cordero, 2010).

### **Adobe Estabilizado:**

El adobe compactado es una opción atractiva para la construcción de viviendas y otras estructuras, ya que ofrece una serie de ventajas en términos de resistencia estructural,



resistencia a la erosión y comportamiento ante sismos. Al aprovechar el suelo local y mejorar sus propiedades mecánicas mediante la compactación, se puede construir de manera más eficiente y sostenible, proporcionando viviendas seguras y duraderas para las comunidades locales (Magdaleno et. al., 2010).

Estos adobes se diferencian de los anteriores en que su composición que su composición ya no es sólo tierra húmeda, sino que contienen agentes estabilizantes para mejorar sus propiedades, especialmente su resistencia mecánica y resistencia a la erosión hídrica. ya no sólo humedecen el suelo, sino que contienen agentes estabilizantes para mejorar sus propiedades, especialmente su resistencia mecánica y a la erosión hídrica. Se comprimen en las mismas prensas que los adobes compactados. Con un aditivo bien mezclado , un nivel de humedad adecuado en la mezcla y una alta presión de moldeo , se pueden obtener adobes estabilizados de calidad superior en comparación con los adobes compactados y, por supuesto, los adobes básicos (Hoyos Sangay, 2020).

## **Cal**

El material al que te refieres parece ser la cal. La cal es un material de construcción que ha sido utilizado durante siglos por diversas culturas en todo el mundo. Proviene de rocas arcillosas y se utiliza principalmente para estabilizar morteros, revestimientos y pinturas debido a sus propiedades únicas (Cabezas, 2020).

La cal tiene la capacidad de crear enlaces químicos con otros materiales, lo que la convierte en un aglutinante eficaz en la construcción. Cuando se mezcla con arena y agua, la cal produce un mortero que se endurece con el tiempo mediante un proceso de carbonatación, creando una unión fuerte y duradera entre los materiales (Cabezas, 2020).

Además, la cal presenta una estructura porosa que permite que las paredes respiren, lo que significa que puede regular el intercambio de vapor de agua a través de la estructura. Esto

es importante para prevenir problemas de humedad y condensación en las paredes, lo que puede conducir a la degradación de los materiales de construcción y problemas de salud en el interior de los edificios (Cabezas, 2020).

## **Ciclo de Cal**

Hoyos (2020) nos menciona el proceso para la elaboración de cal el cual se detalla a continuación.

**Explotación de la roca caliza:** El ciclo de la cal comienza con la extracción de la roca caliza de canteras o minas. La roca caliza es una piedra sedimentaria compuesta principalmente de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que es el principal componente de la cal.

**Trituración y calcinación:** Una vez extraída, la roca caliza se tritura en trozos más pequeños y se lleva a un horno de calcinación. En el horno, la roca caliza se calienta a una temperatura mayor a los  $1000^\circ\text{C}$ , lo que provoca la descomposición térmica del carbonato de calcio en óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El óxido de calcio resultante, también conocido como cal viva, es el producto primario de este proceso.

**Hidratación para obtener cal apagada:** La cal viva se transporta y se almacena en condiciones adecuadas para evitar que entre en contacto con el agua, ya que puede reaccionar de manera violenta y liberar una gran cantidad de calor. Cuando se necesita utilizar la cal viva, se mezcla con una cantidad controlada de agua en un proceso conocido como apagado. Esta reacción química entre la cal viva y el agua produce hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), que es la cal apagada que comúnmente conocemos.

**Preparación de mezclas de albañilería:** La cal apagada se utiliza comúnmente en la preparación de mezclas de albañilería, donde se le puede añadir agregados finos como arena y agua para formar morteros. Estos morteros se utilizan en una variedad de aplicaciones de

construcción, como la unión de ladrillos o piedras en mampostería, la creación de revestimientos y enlucidos, y otros trabajos de albañilería.

En resumen, el ciclo de la cal es un proceso fundamental en la producción de este material de construcción versátil y duradero, que ha sido utilizado por siglos en una variedad de aplicaciones de construcción debido a sus propiedades únicas y su capacidad para formar mezclas de albañilería duraderas y resistentes.

### **Uso de la cal en adobes estabilizantes:**

Para Hoyos (2020) existen varios beneficios importantes de utilizar adobes estabilizados con cal hidratada en la construcción entre ellos menciona.

**Ecológico y económico:** La utilización de adobes estabilizados con cal hidratada es una opción ecológica, ya que aprovecha materiales naturales como la arcilla y la cal, reduciendo así la necesidad de utilizar recursos no renovables. Además, la fabricación de adobes con estos materiales suele ser menos costosa que otros métodos de construcción, lo que puede resultar en ahorros significativos en los costos de construcción.

**Aislamiento térmico:** Los adobes estabilizados con cal hidratada tienen excelentes propiedades de aislamiento térmico debido a su composición porosa y densa. Esta característica ayuda a mantener las temperaturas interiores estables, reduciendo la necesidad de sistemas de calefacción y refrigeración, lo que a su vez puede disminuir los costos de energía a largo plazo.

**Impermeabilidad:** La cal hidratada actúa como un agente estabilizador en la masa de arcilla del adobe, mejorando su cohesión y reduciendo la porosidad. Esto hace que los adobes sean menos permeables al agua, lo que los hace más resistentes a la humedad y a la infiltración de agua, aumentando la durabilidad de las estructuras construidas con este material.

**Alta resistencia a movimientos o vibraciones:** La cal hidratada proporciona estabilidad estructural a los adobes, lo que los hace más resistentes a los movimientos sísmicos o

vibraciones. Esto es especialmente importante en áreas propensas a terremotos, donde la capacidad de resistencia de una estructura puede marcar la diferencia en la seguridad de sus ocupantes.

**Facilita la modelación de las piezas:** La cal hidratada facilita la correcta modelación de los adobes a presión, lo que permite obtener el tamaño y la forma deseados con mayor precisión. Esto es vital para la construcción de estructuras sólidas y uniformes, garantizando la estabilidad y la calidad del resultado final.

En resumen, la utilización de adobes estabilizados con cal hidratada ofrece una serie de beneficios significativos en términos de sostenibilidad, eficiencia energética, durabilidad y seguridad estructural, lo que los convierte en una opción atractiva para la construcción de viviendas y otras estructuras.

La resistencia a la compresión en el tiempo se ve favorecida debido al surgimiento de minerales producto de la reacción entre la cal y las arcillas, este fenómeno se prolonga varias semanas (Cáceres Vásquez, 2017)

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a compresión y flexión de adobe compactado con la adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras de cal, Cajamarca - 2023

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Determinar la resistencia a la compresión y flexión de adobe compactado con la adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras de cal, Cajamarca 2023

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas del suelo (sector La Lucma – El Bado, Bambamarca).

- Elaborar adobes compactados con la adición de residuos de canteras de cal con la máquina Cinva RAM
- Determinar la resistencia a la compresión y flexión de adobe compactado con la adición de residuos de cantera de cal al 10%, 15% y 20%.

#### **1.4. Hipótesis**

Al adicionar residuos de cantera de cal en 10%, 15% y 20%, la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado aumenta hasta 10%.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada, pues se pretende saber el problema en sí, así como analizar los datos para su respectivo diseño, así como en la elaboración de adobes, su enfoque es cuantitativo, ya que se busca lograr conocimientos con el reemplazo de residuos de canteras de cal.

El diseño a utilizar es experimental ya que se manipulará la variable independiente y de esa forma tener un control sobre el aumento o la disminución de la resistencia a compresión o flexión de adobe compactado con la adición de residuos de canteras de cal.

**Variable dependiente** (resultados a obtener): la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado.

**Variable independiente** (objeto de estudio): adición de residuos de cantera de cal en 10%, 15% y 20%.

### Población y muestra

#### Unidad de estudio

Son cada uno de los adobes compactados sometidos a los ensayos de resistencia a la compresión y flexión en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, para ello se tiene en cuenta la Norma E - 080 del RNE.

#### Población

Tanto la población y la muestra es la misma ya que tienen carácter intencionado por conveniencia, haciendo un total de 48 adobes compactados.

## Muestra

La población y la muestra coinciden por pertinencia de investigación aplicada, propia del campo de la Ingeniería Civil.

Para la elaboración de adobes compactados con y sin adición de residuos de canteras de cal, en total se utilizaron 48 unidades de adobes compactados, los cuales se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Cantidad de adobes compactados para los ensayos*

Ensayo	Sin reemplazo	Con Reemplazo del 10%	Con Reemplazo del 15%	Con Reemplazo del 20%
Compresión	6	6	6	6
Flexión	6	6	6	6
Subtotal	12	12	12	12
<b>Total</b>			<b>48</b>	

Nota. Esta tabla presenta la distribución de la muestra.

## Técnica e instrumentos

En la investigación como técnica se utilizó estudios relacionadas al tema descrito, también realizó el análisis de la norma que está vigente, además la observación directa en cada uno de los ensayos, así como los protocolos de la universidad privada del Norte.

## Procedimiento

- a- Recolección de muestras de terreno del sector la Lucma – El Bado, el muestreo se hizo por cuarteo in situ.
- b- En imagen siguiente se observa al investigador en el terreno obteniendo la muestra de suelo.

**Imagen 1.**

Recolección de muestra de suelo, sector La Lucma – El Bado.





- c- Se obtuvo muestras de residuos de cantera de cal, zona El Frutillo – Bambamarca, el muestreo se hizo por cuarteo in situ. En imagen siguiente se observa al investigador en la calera Zasal, sector Frutillo - Bambamarca.

**Imagen 2.**

Recolección de muestra de residuos de cantera de cal, calera Zasal, sector El Frutillo - Bambamarca.



- d- Con las muestras de suelo se procedió a los ensayos de las propiedades física requeridas para la investigación. Se utilizaron los espacios y equipos de los laboratorios especializados de la carrera de Ingeniería Civil.
- e- A continuación, se trabajó en laboratorio de UPN, la determinación de las propiedades físicas de los residuos de la calera Zasal, propiedades requeridas para esta investigación.
- f- Los ensayos son descritos, líneas abajo, los cuales tuvieron la validación de los asistentes de laboratorio y del asesor, quienes lo suscriben en el formato/protocolo correspondiente.
- g- Elaboración de los adobes compactados, utilizando la máquina Cinva RAM, propiedad de los laboratorios de UPN. Para esto, se retiró la máquina referida, la cual fue trasladada a la ciudad de Bambamarca. Se niveló un área aproximada de 25 m<sup>2</sup> para disponer allí los adobes, se dispuso de una cobertura (techo) y estuvieron al aire libre. Se procedió a la elaboración de adobes según las especificaciones: adobes patrón y adobes con la adición de porcentajes en peso de residuos de cantera de cal.
- h- Los adobes compactados, con y sin adición de residuos de cantera de cal fueron trasladados al laboratorio especializado de Ingeniería Civil, donde se realizaron los ensayos a la compresión y flexión, en la prensa hidráulica.
- i- Previo al informe de tesis, los protocolos fueron revisados y validados en su pertinencia por el asesor de la investigación, previa revisión y validación de los asistentes de laboratorios.
- j- Procesamiento de datos, elaboración de tablas y gráficos. Utilizando hojas de cálculo Excel.
- k- Elaboración del informe final de tesis.

## Ensayos de las propiedades físicas del material

A continuación, se detallan paso a paso los protocolos / procedimientos utilizados en cada uno de los ensayos ejecutados en esta investigación.

**Tabla 2**

*Metodología para los ensayos de las propiedades físicas del material*

<b>Tipo de Ensayo o Actividad</b>	<b>Instrumentos necesarios</b>	<b>Procedimiento</b>
Obtención del Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Palas</li> <li>✓ Costales, lugar adecuado para el material</li> <li>✓ Malla para tamizar de 3/8"</li> </ul>	Se seleccionó la cantera adecuada, extrayéndose la muestra necesaria, para realizar su tamizado, almacenándose en lugar adecuado para conservar sus propiedades físicas, en dicho lugar se elaboraron los adobes compactados con la máquina Cinva RAM
Contenido de Humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Horno</li> <li>✓ Balanza</li> <li>✓ Taras</li> </ul>	Se realizó el cuarteo del material, seleccionándose la muestra idónea para dicho ensayo.
Límite Líquido	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Malla 40</li> <li>✓ Copa Casagrande</li> <li>✓ Acanalador</li> <li>✓ Balanza</li> <li>✓ Horno</li> <li>✓ Espátula</li> </ul>	Para este ensayo se usó la Malla 40, para mezclarlo con agua y de esa forma obtener una pasta uniforme, este material se colocó en la copa casa grande cuyo espesor fue de un centímetro, se trazó una ranura en dicho

	✓ Probeta	material y se dejó caer la copa
	✓ Cápsula	ayudándose de la manivela, luego se
	✓ Taras	contó el número de golpes has dos partes, para finalizar el material se ubicó en el horno y de esa forma obtener el contenido de humedad.
Límite plástico	✓ Balanza	Se agregó suelo seco a la pasta del
	✓ Horno	ensayo anterior el cual sirvió para bajar
	✓ Espátula	la humedad, luego se enrolló en forma
	✓ Cápsula de porcelana	cilíndrica con diámetro de 3 mm y con
	✓ Placa de vidrio	ciertos agrietamientos, al final se colocó taras en el horno y se obtuvo el contenido de humedad.
Granulometría	✓ Malla 200	Se esparció la malla 200 luego de
	✓ Tamices	colocar la muestra en agua y se tamizó
	✓ Balanza	el agua hasta que sea transparente,
	✓ Estufa	seguidamente se secó dicho material en
	✓ Taras	el horno, durante un día se tamizó en los
	✓ Horno	tamices del 4 al 200
Proctor	✓ Muestra seca	Se realizó la preparación de 5 muestras
Modificado	✓ Papel filtro	con porcentajes distintos de agua con respecto a su peso, se ensambló el molde

- ✓ Equipo para el cilíndrico con la placa de la base, en 5 ensayo capas y 25 golpes para la última capa se
- ✓ Pisón retiró el collar, y se sacó las muestras
- ✓ Balanza superior e inferior finalmente se calculó
- ✓ Horno la densidad seca máxima y el contenido
- ✓ Probeta de humedad óptimo.
- ✓ Recipiente

### Elaboración de los adobes compactados / ensayos de compresión y flexión

Se elaboraron unidades sin y con reemplazo de residuos de canteras de cal los cuales se detallan a continuación:

#### Tabla 3

*Procedimiento para la elaboración de adobes compactados*

Ensayo a realizar	Materiales y equipos a utilizar	Procedimiento
Adobe Compactado sin reemplazo de Cantera de cal	Agua Material Máquina Cinva RAM	Se realizó el tamizado de partículas superiores a 3/8", se adicionó agua de acuerdo a su contenido de humedad, finalmente se llena el material a la máquina Cinva RAM para su respectiva compactación

Adobe Compactado con Agua  
reemplazo de Cantera de cal

Material  
Residuo de Cantera de Cal  
Máquina Cinva RAM

Se realizó el tamizado de partículas superiores a 3/8", se adicionó agua de acuerdo a su contenido de humedad, se adicionaron residuos de cantera de cal al material del suelo en porcentajes de 5%, 10% y 15%; finalmente se llena el material a la máquina Cinva RAM para su respectiva compactación

## Ensayo de Compresión y Flexión

### Tabla 4

*Procedimiento para el ensayo de compresión y flexión del adobe compactado*

Ensayo a Realizar	Instrumentos a utilizar	Procedimiento
Compresión	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Máquina de Compresión</li> <li>✓ Vernier</li> <li>✓ Cuaderno de apunte</li> <li>✓ Cámara fotográfica</li> <li>✓ Cronómetro</li> </ul>	<p>En primer lugar, se realizó la medición de los adobes, seguidamente se ubicó en la máquina hidráulica, se realizó la grabación de la deformación para tomar apuntes de esa forma</p>

---

			elaborar la curva esfuerzo deformación
Flexión	✓ Máquina de Compresión	de	En primer lugar se realizó la medición de los adobes,
	✓ Vernier		seguidamente se ubicó en la
	✓ Cuaderno de apunte	máquina hidráulica,	se
	✓ Cámara fotográfica	realizó la grabación de la	deformación para tomar
	Cronómetro		apuntes de esa forma
			elaborar la curva esfuerzo deformación

### Aspectos éticos

La presente investigación se hace dentro de los cánones del respecto a otras investigaciones, citándolas conforme corresponde; esta investigación valora las acciones y actividades propias (originalidad, propósito y fines) y la de los demás investigadores / fuentes citadas.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### Propiedades físicas del material

#### Contenido de Humedad

**Tabla 5**

*Resultado del Ensayo Contenido de Humedad*

Descripción	T1	T2	T3
Peso del suelo húmedo (gr)	139.2	133.11	132.47
Peso del suelo seco (gr)	129.95	125.89	127.34
Porcentaje de Humedad (%)	7.12	5.74	4.03
Promedio Porcentaje de humedad (%)	5.63		

*Nota.* En la tabla 5 mostramos el contenido de humedad promedio del suelo natural de la cantera la Lucma - Bambamarca

#### Peso Específico

**Tabla 6:** *Resultado del ensayo Peso Específico*

Muestra	1	2
Peso de la muestra seca (gr)	100	100
Peso de Fiola + Agua (cm <sup>3</sup> )	643.1	644.1
Peso de Fiola + Agua-Aire (cm <sup>3</sup> )	700.8	702.7
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.364	2.415
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.339	

*Nota.* En la tabla 6 mostramos el peso específico promedio del suelo natural de la cantera la Lucma - Bambamarca



## Granulometría por lavado

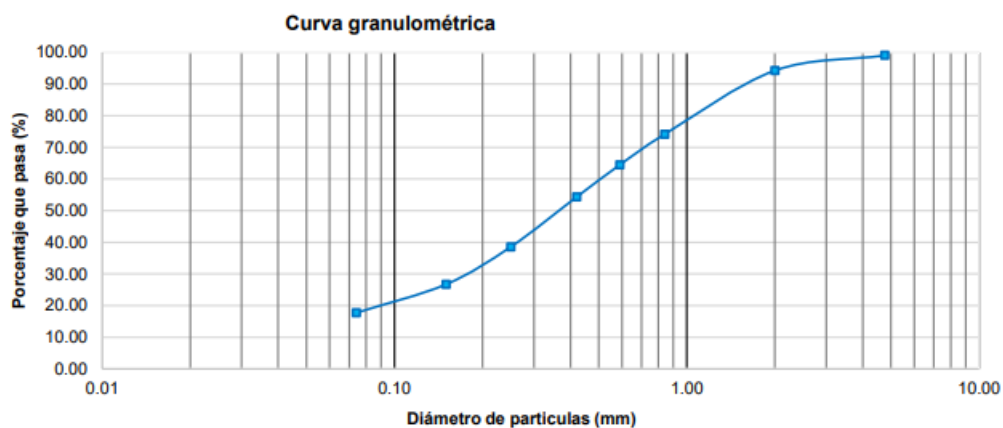
**Tabla 7:** Resultado de Ensayo Granulometría por Lavado

Abertura	Porcentaje que pasa
4.740	99.04
2.000	94.25
0.840	74.12
0.420	64.46
0.250	54.31
0.150	38.55
0.0740	17.69

*Nota.* En la tabla 7 mostramos la gradación del suelo natural de la cantera la Lucma – Bambamarca

## Curva Granulométrica

**Figura 1:** Curva Granulométrica



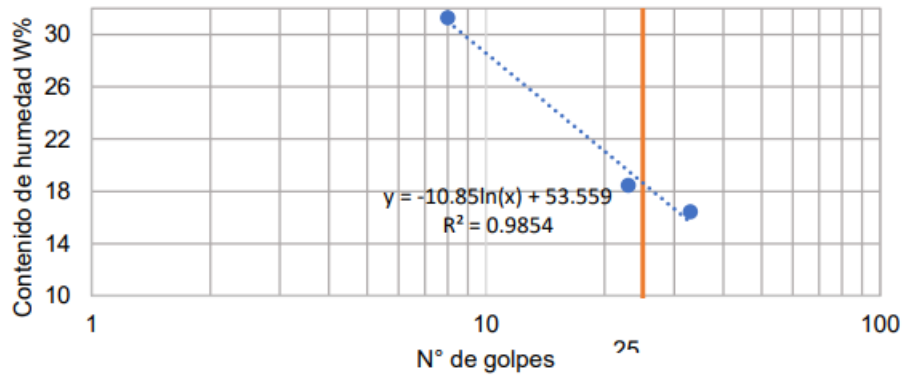
## Límites de Consistencia

**Tabla 8:** Límites de Consistencia

Cantera	Muestra	Límites de consistencia (%)		
		LL	LP	IP
	M1	22.06	32.37	10.3

Nota. La tabla 8 mostramos los resultados del índice de plasticidad.

**Figura 2:** Interección del contenido de Humedad con el número de Golpes



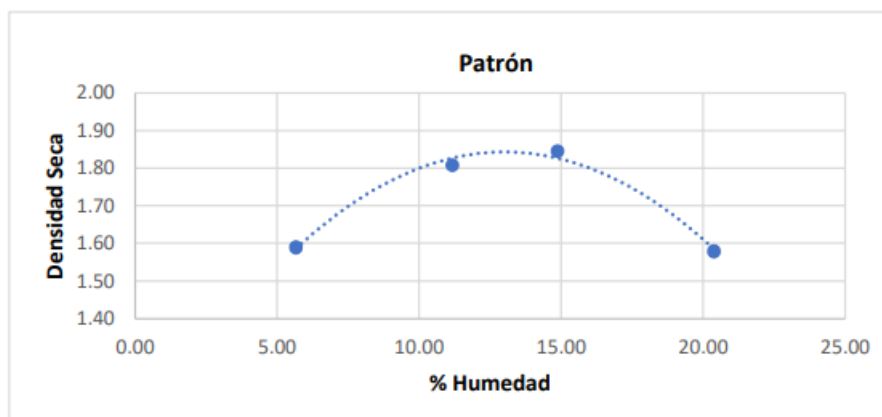
### Densidad máxima seca y óptimo contenido de Humedad

**Tabla 9:** Resultados de la Densidad máxima y Óptimo contenido de Humedad

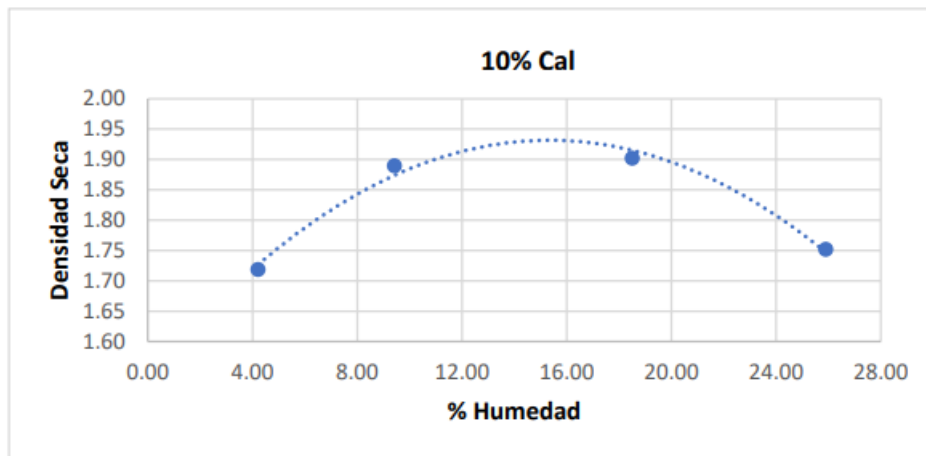
Cantera	Residuos de canteras de Cal			
	0%	10%	15%	20%
DMS (gr/cm <sup>3</sup> )	1.705	1.84	1.63	1.59
OCH (%)	13.02	14.51	18.24	19.41

Nota. En la tabla 9 mostramos la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo del suelo

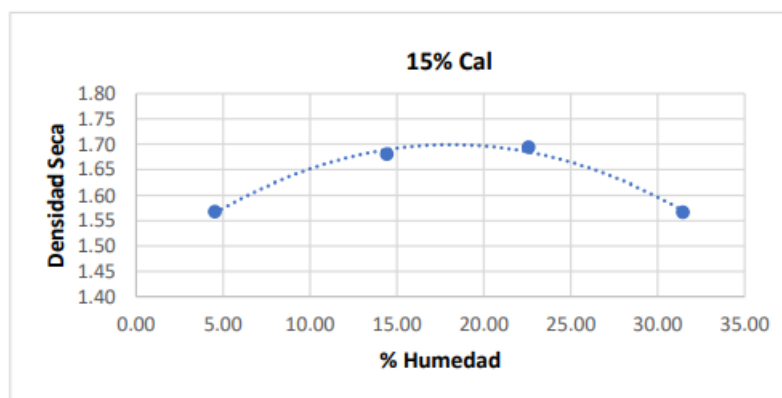
**Figura 3:** Curva de Compactación para la Muestra Patrón



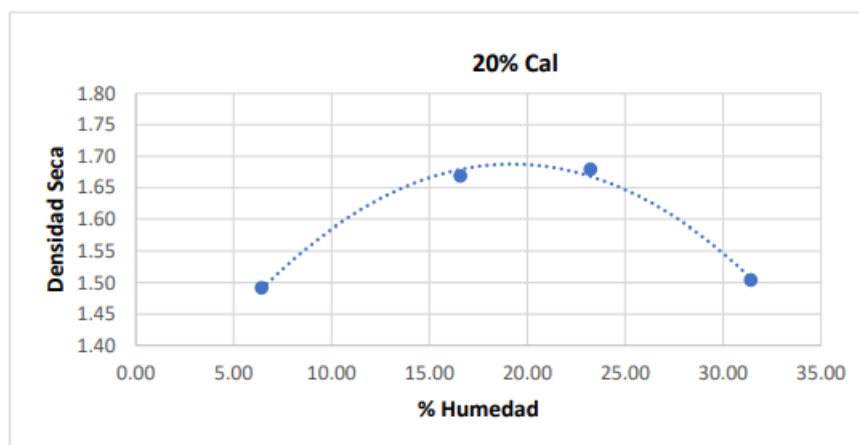
**Figura 4:** Curva de Compactación con 10% de Residuos de Cal



**Figura 5:** Curva de Compactación con 15% de Residuos de Cal



**Figura 6:** Curva de Compactación con 20% de Residuos de Cal



## Resistencia a la compresión

### Muestra patrón

**Tabla 10:** *Resultados de la Muestra Patrón*

Muestra	Área de Contacto o Tabla (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P-1	205.21	5144	25.07
P-2	205.21	5454	26.58
P-3	205.21	3911	19.06
P-4	20.21	4976	24.25
P-5	205.21	5730	27.92
P-6	204.35	4740	23.20
<b>Esfuerzo Promedio</b>		<b>24.35</b>	

**Tabla 11:** *Adición de 10% de Residuos de Cal*

Muestra	Área de Contacto o Tabla (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
M1: Cal 10%	205.21	5406	26.34
M2: Cal 10%	202.49	6180	30.52
M3: Cal 10%	205.21	5972	29.10
M4: Cal 10%	203.78	5381	26.41
M5: Cal 10%	203.78	5102	25.04
M6: Cal 10%	204.06	5233	25.64
<b>Esfuerzo Promedio</b>		<b>27.16</b>	

**Tabla 12:** Adición de 15% de Residuos de Cal

Muestra	Área de Contacto o Tabla (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
M1: Cal 15%	204.20	4173	20.44
M2: Cal 15%	203.20	3289	16.19
M3: Cal 20%	203.63	5493	26.98
M4: Cal 15%	203.20	3150	15.50
M5: Cal 15%	202.92	3420	16.85
M6: Cal 15%	203.20	3214	15.82
<b>Esfuerzo Promedio</b>		<b>18.63</b>	

**Tabla 13:** Adición de 20% de Residuos de Cal

Muestra	Área de Contacto o Tabla (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
M1: Cal 20%	203.49	2225	10.93
M2: Cal 20%	203.20	3799	18.70
M3: Cal 15%	205.21	3175	15.47
M4: Cal 15%	204.06	4758	23.32
M5: Cal 15%	202.78	2896	14.28
M6: Cal 15%	203.92	2952	14.48
<b>Esfuerzo Promedio</b>		<b>16.20</b>	

## Resistencia a Flexión

**Tabla 14:** Resistencia a la flexión sin adición de cal

Muestra	Longitud entre ejes de apoyo (cm)	Carga máxima soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P-1	18	389	21.61
P-2	18	461	25.61
P-3	18	312	17.33
P-4	18	305	16.94
P-5	18	357	19.83
P-6	18	360	20.00
<b>Esfuerzo Promedio</b>		<b>20.22</b>	

**Tabla 15:** Reemplazo de 10% de Residuos de Cal

Muestra	Longitud entre ejes de apoyo (cm)	Carga máxima soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P1 – Ca1 10%	18	410	22.78
P2– Ca1 10%	18	380	21.11
P3– Ca1 10%	18	370	20.56
P4– Ca1 10%	18	441	24.50
P5– Ca1 10%	18	371	20.61
P6– Ca1 10%	18	470	26.11
<b>Esfuerzo Promedio</b>		<b>26.61</b>	

**Tabla 16:** Adición de 15% de Residuos de Cal

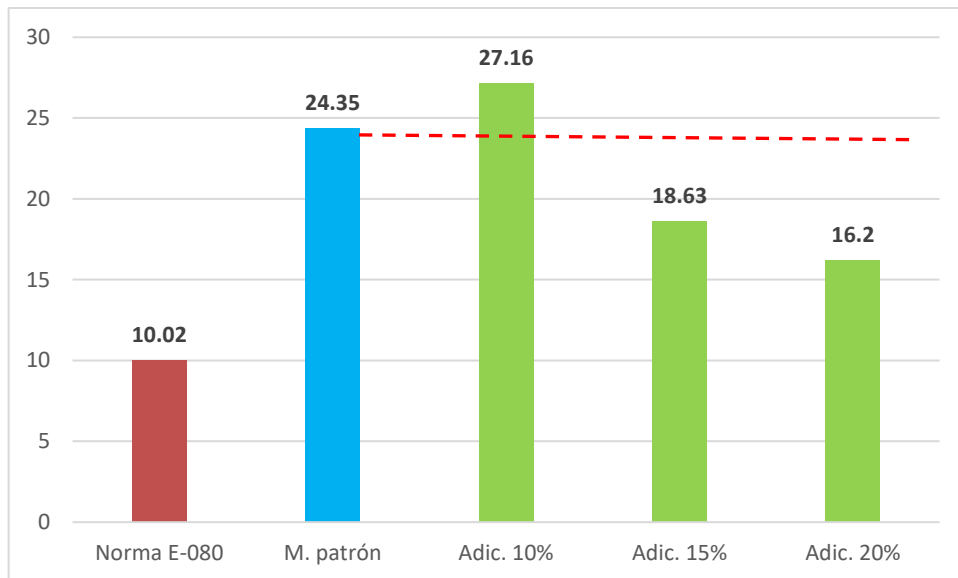
Muestra	Longitud entre ejes de apoyo (cm)	Carga máxima soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P1 – Ca1 15%	18	311	17.28
P2– Ca1 15%	18	277	15.39
P3– Ca1 15%	18	336	18.67
P4– Ca1 15%	18	294	16.33
P5– Ca1 15%	18	369	20.50
P6– Ca1 15%	18	320	17.78
<b>Esfuerzo Promedio</b>		<b>17.66</b>	

**Tabla 17:** Adición de 20% de Cal

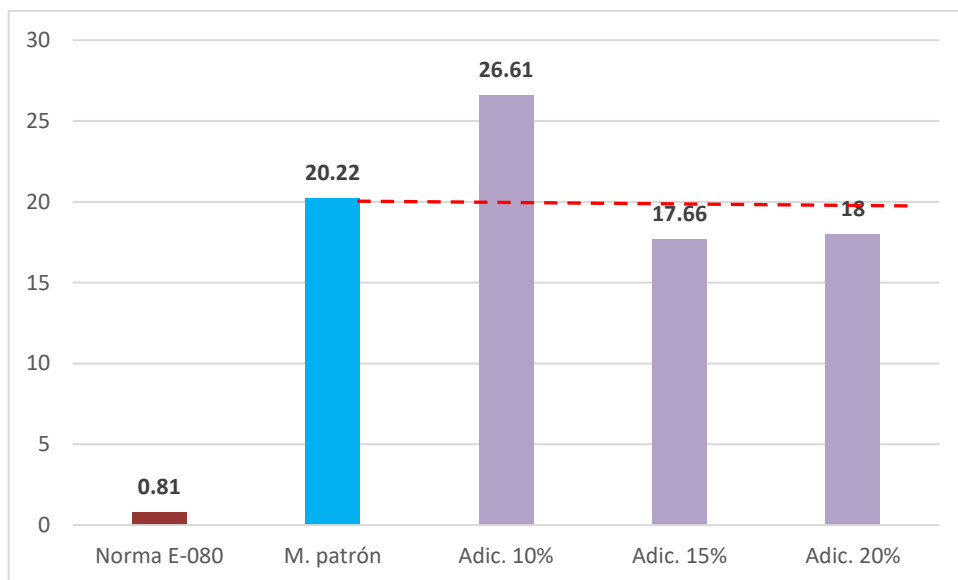
Muestra	Longitud entre ejes de apoyo (cm)	Carga máxima soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P1 – Ca1 20%	18	315	17.50
P2– Ca1 20%	18	271	15.06
P3– Ca1 20%	18	300	16.67
P4– Ca1 20%	18	287	15.94
P5– Ca1 20%	18	421	23.39
P6– Ca1 20%	18	350	19.44
<b>Esfuerzo Promedio</b>		<b>18.00</b>	

### Comparación de resistencia a compresión y flexión

**Figura 7:** Resumen y comparación de la resistencia a la compresión respecto a la Norma E:080



**Figura 8:** Resumen y comparación de la resistencia a la flexión respecto a la Norma E:080





## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Limitaciones

No hubo limitaciones que hayan afectado el desarrollo de las actividades de esta investigación.

### Discusión

Los resultados que se obtuvieron en la resistencia a la compresión de la muestra patrón fue de 24.35 kg/cm<sup>2</sup>, los cuales superaron a lo requerido en la Norma E-080 el cual es 10.2 kg/cm<sup>2</sup>; y al reemplazar residuos de cantera de cal al 10%, 15% y 20%, se obtuvo valores en su resistencia a la compresión promedio de 27.16 kg/cm<sup>2</sup>, 18.36 kg/cm<sup>2</sup>, 16.20 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, si bien sobrepasan lo que establece la norma E -080 lo que no sucede con la muestra patrón lo que significa que mientras aumenta el porcentaje de cal la resistencia disminuye.

Lo mismo sucede con los resultados en la resistencia a la flexión ya que en la muestra patrón se obtuvo 20.22 kg/cm<sup>2</sup> superando considerablemente a la Norma E -080 el cual es 0.81 kg/cm<sup>2</sup>, y al reemplazar residuos de cantera de cal al 10%, 15% y 20%, se obtuvo valores en su resistencia a la flexión de 26.61 kg/cm<sup>2</sup>, 17.66 kg/cm<sup>2</sup> y 18.00 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, si bien estos valores superan a la norma requerida, se observa que mientras se reemplaza mayores porcentajes de cal la resistencia a la flexión disminuye, argumentándose que no es factible adicionar mayores porcentajes.

Diversos autores evidencian que la adición de porcentajes de otro material aumenta la resistencia a la compresión y flexión al adobe compactado tal es el caso de Medina concluye que la resistencia a la compresión al incorporar cal al 1%, 2% y 3% y fibras de caucho al 0.5%, 1% y 1.5%, obtuvieron valores de 17.10 kg/cm<sup>2</sup>, 19.93 kg/cm<sup>2</sup> y 24.11 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente aumentaron un 71.91% con respecto a la muestra patrón que fue 14.29 kg/cm<sup>2</sup> al comparar con

la presente investigación estos valores son superiores. Del mismo modo sucede con la resistencia a la flexión los resultados fueron superiores a la investigación cuyos valores fueron  $7.82 \text{ kg/cm}^2$  y  $9.21 \text{ kg/cm}^2$ .

Al respecto Quiroz (2020), concluye que la resistencia a la compresión del adobe compactado con 2%, 4% y 5% de cal hidratada obtuvo valores de  $9.76 \text{ kg/cm}^2$ ,  $13.55 \text{ kg/cm}^2$  y  $14.88 \text{ kg/cm}^2$  no superando a lo requerido en la norma E-080 y al comparar con la presente investigación estos valores son inferiores; en el caso de la resistencia a la flexión los valores para los porcentajes del %, 4% y 5% de cal hidratada fueron  $4.2 \text{ kg/cm}^2$ ,  $5.51 \text{ kg/cm}^2$  y  $4.41 \text{ kg/cm}^2$  se nota que son inferiores con respecto a la presente investigación.

Es correcto, la resistencia a la compresión axial del adobe puede variar significativamente según una serie de factores, como la composición del material utilizado, el método de elaboración del adobe, las dimensiones del adobe y las condiciones climáticas a las que está expuesto.

La composición del material es crucial, ya que diferentes proporciones de arcilla, arena y otros componentes pueden influir en la resistencia final del adobe. Además, el proceso de elaboración, que incluye el mezclado, compactación y secado del adobe, puede afectar su resistencia.

Las dimensiones del adobe también son importantes, ya que diferentes tamaños y formas pueden afectar la distribución de las cargas y, por lo tanto, la resistencia a la compresión.

Además, las condiciones climáticas, como la humedad y la temperatura, pueden tener un impacto significativo en la resistencia del adobe, ya que pueden afectar su capacidad para absorber y retener agua, así como su resistencia al deterioro por congelación y descongelación.

Por lo tanto, al llevar a cabo experimentos para evaluar la resistencia a la compresión axial del adobe, es importante tener en cuenta todos estos factores y realizar pruebas bajo condiciones representativas y controladas para obtener resultados precisos y significativos.

## **Implicancias**

La presente investigación presenta implicancias como tal en lo i) Técnico: se ha seguido el procedimiento de la investigación científica para llegar a conclusiones técnicamente sustentadas en procedimientos técnicos de ensayos de laboratorios en correspondencia con las normas técnicas vigentes; ii) Ecológico: independientemente de los resultados, la intención de la investigación es darle uso a residuos de canteras de cal que ya no tiene beneficio en el entorno y iii) Metodológica: porque la investigación sistematiza de manera coherente el proceso de ejecución de una investigación aplicada en Ingeniería Civil (ensayos, laboratorios y normas técnicas). En conclusión, la investigación presenta implicancias útiles para otros investigadores o personas interesadas en darle uso a los residuos de caleras.

## **Conclusiones**

- ✓ En el ensayo granulométrico el 99.04% pasa por la malla N° 4 y 17.69 % pasa por la malla N° 200. Los límites de consistencia se tuvo Límite líquido 22.06%, Límite plástico 32.37% y el Índice de plasticidad fue de 10.31%. Esto quiere decir que el suelo está apto para la elaboración de los adobes compactados.
- ✓ En el ensayo a compresión se tuvieron los siguientes resultados: muestra patrón 24.35 kg/cm<sup>2</sup>, los cuales superaron a lo requerido en la Norma E-080 (10.2 kg/cm<sup>2</sup>) y al adicionar residuos de cantera de cal al 10%, 15% y 20%, se obtuvieron los siguientes valores en promedio de 27.16 kg/cm<sup>2</sup>, 18.63 kg/cm<sup>2</sup> y 16.20 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

- ✓ En el ensayo de resistencia a la flexión la muestra patrón obtuvo  $20.22 \text{ kg/cm}^2$  superando considerablemente a la Norma E -080 ( $0.81 \text{ kg/cm}^2$ ) y al adicionar residuos de cantera de cal al 10%, 15% y 20%, se obtuvo los siguientes valores:  $26.61 \text{ kg/cm}^2$ ,  $17.66 \text{ kg/cm}^2$  y  $18.00 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.
- ✓ Si bien los valores fueron superiores a la norma E:080, la hipótesis de la investigación no cumple ya que no se superó el 10% tanto en la resistencia a la compresión como en la flexión.

## REFERENCIAS

- Cabezas. (2020). Elaboración del adobe adicionando cal y fibra de eucalipto para mejorar las propiedades mecánicas y termodinámicas, Chonta-Huancayo, Lima 2020.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_f6f6f32ffa3850088df8e100950bb7bb](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_f6f6f32ffa3850088df8e100950bb7bb)
- Cáceres Vásquez, K. R. (2017). Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca.
- Carlos Sáenz, R. J. (2019). Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de tres porcentajes (1.5%, 3.0%, 4.5%) de viruta metálica.
- Castro Pesantes, C. R. (2020). Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe, Perú 2020: Una revisión de la literatura científica.
- Gama-Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi-Puig, T., Alcalá-Martínez, R., Cabadas-Báez, H., Jasso-Castañeda, C., Díaz-Ortega, J., Sánchez-Pérez, S., López-Aguilar, F., & Vilanova de Allende, R. (2012). Arquitectura de tierra: El adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177-188.
- Gómez Llaccho, H. (2015). Evaluación técnica de las construcciones de adobe según la Norma E. 080 del RNE en la localidad de Rancho, Ayacucho-2013.
- Hoyos Sangay, C. F. (2020). Influencia de la fibra vegetal ICHU en la resistencia de adobes estabilizados con Cal al 20%.
- Magdaleno, C. C., Luis, S. S., & Luis, M. B. J. (2010). Resistencia mecánica del adobe compactado incrementada por bagazo de agave. Centro interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. Instituto Politecnico Nacional.

Medina Díaz, Y. M. C. (2019). Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con incorporación de cal y fibras de caucho, Cajamarca 2018.

Moscoso-Cordero, M. S. (2010). El adobe, sus características y el confort térmico. Congr. Int. online Filos. la Sustentabilidad Vivienda Tradic. "Transformando comunidades hacia el Desarro. local, 71-75.

Quiroz Casanova, C. A. (2020). Resistencia a flexión, compresión y grado de absorción del adobe compactado, con 2%, 4% y 6% de cal hidratada, distrito de Baños del Inca, Cajamarca 2018.

Salazar Terrones, L. L. (2019). Resistencia a la compresión axial del adobe compactado con adición de fibra de maguey, Cajamarca 2017.

Viera, P., Gallegos, Y., & Venegas, E. (2023). Resistencia a la compresión y flexión de bloques elaborados a base de cangahua, cal, arcilla y paja. Novasinergia, ISSN 2631-2654, 6(1), 150-166.

Villanueva, C., & Thajana, J. (2016). Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Panel Fotográfico

#### Imagen 3

Excavación de suelo para seleccionar muestra



### Imagen 4

Proctor modificado de muestra patrón



### Imagen 5

Proctor modificado con la adición del 10% de residuos de canteras de cal





### Imagen 6

Proctor modificado con la adición del 10% de residuos de canteras de cal



### Imagen 7

Límite de plasticidad de la muestra patrón



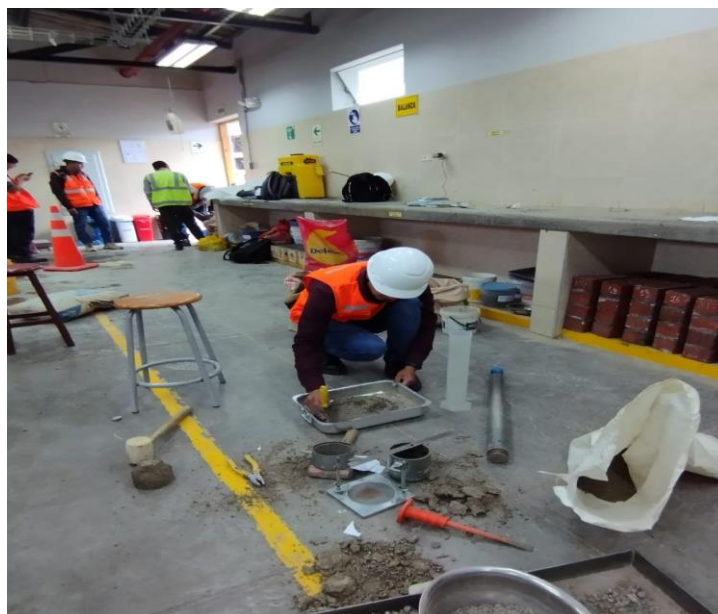
### Imagen 8

Proctor modificado con la adición del 20% de residuos de canteras de cal



### Imagen 9

Proctor modificado con la adición del 20% de residuos de canteras de cal



### Imagen 10

Elaboración de adobe compactado



### Imagen 11

Elaboración de adobe compactado





## Imagen 12

Ensayos en laboratorio



## Imagen 13

Ensayos en laboratorio



## **Anexo 2: Protocolos de la Universidad**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD		
NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127		
TESIS:	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras del CAL, Cajamarca 2023		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
UBICACIÓN:	La Lucma	COLOR DE MATERIAL:	Gris
FECHA DE MUESTREO:	19/09/2023	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado
FECHA DE ENSAYO:	26/09/2023	REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o tara		T1	T2	T3
B	Peso del Recipiente	gr	39.93	35.15	27.78
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	179.13	168.26	160.25
D	Reciente + Suelo Seco	gr	169.88	161.04	155.12
E	Peso del Agua $W_w = C - B$	gr	139.2	133.11	132.47
F	Peso Suelo Seco $W_s = D - B$	gr	129.95	125.89	127.34
W%	Porcentaje de humedad $((E-F)/F)*100$	%	7.12	5.74	4.03
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	5.63		

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

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Teran FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga FECHA: 24 de Febrero del 2024

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS		
NORMA:	MTC E113 / ASTM D854 / NTP 339.131		
TESIS:	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras del CAL, Cajamarca 2023		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
UBICACIÓN:	La Lucma	COLOR DE MATERIAL:	Gris
FECHA DE MUESTREO:	19/09/2023	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado
FECHA DE ENSAYO:	28/09/2023	REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra			
B	Peso en el Aire	gr		
C	Peso Sumergido	gr		
D	Peso Específico $Y_s = (B/(B-C))$	gr/cm <sup>3</sup>		
E	Promedio del Peso Específico "Ys"	gr/cm <sup>3</sup>		




  

PESO ESPECÍFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra			
B	Peso de la Muestra Seca	gr		
C	Volumen de Agua + Muestra seca	cm <sup>3</sup>		
D	Peso Específico $(Y_s = B/(C - V))$	gr/cm <sup>3</sup>		
E	Promedio del Peso Específico "Y"	gr/cm <sup>3</sup>		


  

PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL FINO				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		E1-1	E1-2
B	Peso de la Muestra Seca	gr	100	100
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm <sup>3</sup>	643.1	644.1
D	Peso de Fiola + Agua (500 ml) - Aire	cm <sup>3</sup>	700.8	702.7
E	Peso Específico $(Y_s = ((B/(B + C - D)))$	gr/cm <sup>3</sup>	2.364	2.415
F	Promedio del Peso Específico "Ys"	gr/cm <sup>3</sup>	2.390	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Teran	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
FECHA: 24 de Febrero del 2024	FECHA: 24 de Febrero del 2024	FECHA: 24 de Febrero del 2024



 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO:</b>	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO	
	<b>NORMA:</b>	ASTM D421	
<b>TESIS:</b>	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras del CAL, Cajamarca 2023		
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arcilla
<b>UBICACIÓN:</b>	La Lucma	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Gris
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	19/09/2023	<b>RESPONSABLE:</b>	Nilton Zambrano Delgado
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	26/09/2023	<b>REVISADO POR:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

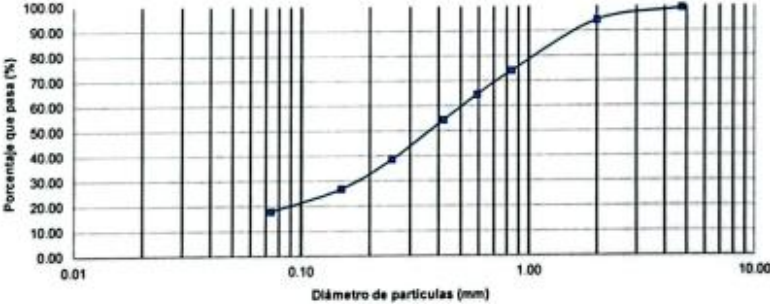
Peso muestra seca, Ws	500.00	gr
-----------------------	--------	----




GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO POR LAVADO					
Malla	Abertura (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.76	0.74	0.96	0.96	99.04
N° 10	2.00	3.71	4.80	5.75	94.25
N° 20	0.84	15.57	20.12	25.88	74.12
N° 30	0.59	7.48	9.67	35.54	64.46
N° 40	0.42	7.85	10.15	45.69	54.31
N° 60	0.25	12.19	15.76	61.45	38.55
N° 100	0.15	9.18	11.87	73.31	26.69
N° 200	0.074	6.96	9.00	82.31	17.69
Cazoleta	0.00	13.69	17.69	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>77.37</b>			


Curva granulométrica



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DEL LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Teran FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga FECHA: 24 de Febrero del 2024



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	LPIMITES DE PLASTICIDAD		
	NORMA:	NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318		
	TESIS:	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras de CAL, Cajamarca 2023		
CALICATA:	C-1	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla	
UBICACIÓN:	La Lucma	COLOR DE MATERIAL:	Grís	
FECHA DE MUESTREO:	19/09/2023	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado	
FECHA DE ENSAYO:	28/09/2023	REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga	

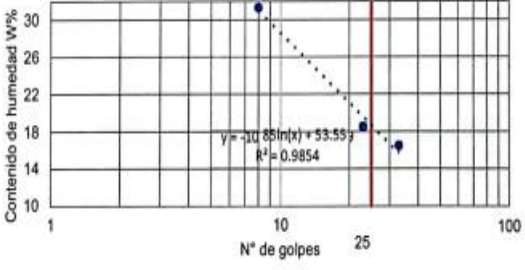
  

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
Identificación	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	N°	A	B	C
B	Suelo húmedo + Recipiente	gr	41.80	47.30	60.80
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	38.25	44.12	47.24
D	Peso del Recipiente	gr	28.90	28.80	28.80
E	Peso del Agua	gr	3.65	3.18	3.36
F	Peso Suelo Seco	gr	11.35	17.22	20.44
G	Número de Golpes	N	8.00	23.00	33.00
H	Contenido de Humedad %	%	31.28	18.47	16.44

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)			
DESCRIPCIÓN	UND	1	2
Identificación de Recipiente	N°	A	B
Suelo húmedo + Recipiente	gr	31.50	31.80
Suelo Seco + Recipiente	gr	30.57	30.51
Peso del Recipiente	gr	27.56	27.29
Peso del Agua	gr	0.93	1.09
Peso Suelo Seco	gr	3.01	3.22
Contenido de Humedad %	N	30.90	33.85
Promedio de Límite Plástico	%	32.37	






Contenido de humedad W%

N° de golpes

$y = -10.85 \ln(x) + 53.55$   
 $R^2 = 0.9854$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Teran FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga FECHA: 24 de Febrero del 2024

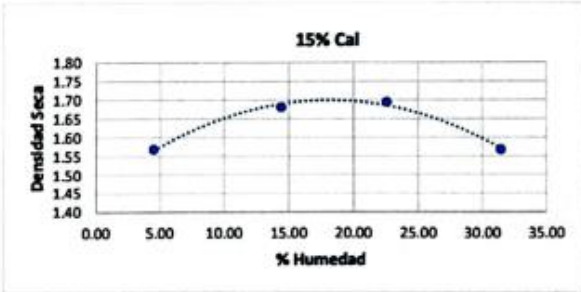
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO								
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141								
<b>TESIS:</b>	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras del CAL, Cajamarca 2023								
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>			Arcilla				
<b>UBICACIÓN:</b>	La Lucma	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>			Gris				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	19/09/2023	<b>RESPONSABLE:</b>			Nilton Zambrano Delgado				
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	20/12/2023	<b>REVISADO POR:</b>			Dr. Ing. Orlando Aguilar Alaga				

#D	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4005	4005	4005	4005	4005	4005	4005	4005
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5488	5745	5884	5869	5884	5869	5884	5869
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1483	1740	1879	1864	1879	1864	1879	1864
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	905	905	905	905	905	905	905	905
F	Densidad húmeda; (Dh= C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.64	1.92	2.08	2.06	2.08	2.06	2.08	2.06
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	28.10	28.10	27.60	28.30	27.60	28.20	28.10	27.80
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	115.20	118.40	115.40	117.70	114.87	116.41	107.40	106.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	111.22	114.71	102.35	108.56	105.74	94.30	88.30	87.50
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	3.98	3.69	13.05	9.14	9.13	22.11	19.10	18.60
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	83.12	86.61	74.75	80.26	78.14	66.10	60.20	59.70
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	4.79	4.26	17.46	11.39	11.68	33.45	31.73	31.16
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.52		14.42		22.57		31.44	
O	Densidad Seca Máxima; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.57		1.68		1.69		1.57	




**15% Cal**



Densidad Seca

% Humedad

<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DEL LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Teran FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Alaga FECHA: 24 de Febrero del 2024

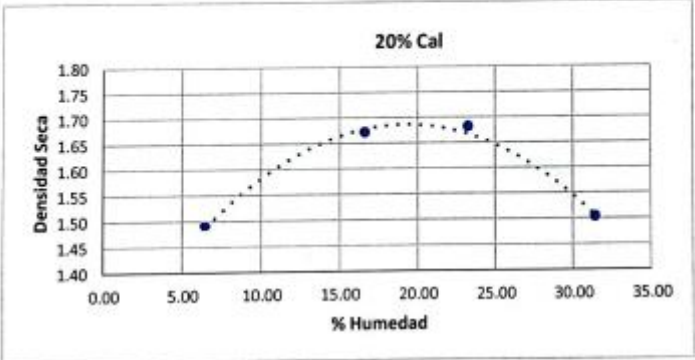
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA	
PROTOCOLO	
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141
TESIS:	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras del CAL, Cajamarca 2023
CALICATA:	C-1
TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
UBICACIÓN:	La Lucma
COLOR DE MATERIAL:	Gris
FECHA DE MUESTREO:	19/09/2023
RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado
FECHA DE ENSAYO:	20/12/2023
REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga




ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4037.4	4037.4	4037.4	4037.4	4037.4	4037.4	4037.4	4037.4
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5474	5798	5910	5826	5910	5826	5910	5826
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1436.6	1760.6	1872.6	1788.6	1872.6	1788.6	1872.6	1788.6
D	Volumen Muestra húmeda	cm3	905	905	905	905	905	905	905	905
F	Densidad húmeda; (Dh= C/D)	gr/cm3	1.59	1.95	2.07	1.98	2.07	1.98	2.07	1.98
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.00	27.90	27.80	28.00	27.60	28.10	28.10	27.70
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	115.20	118.40	115.40	117.70	115.87	117.41	107.40	106.10
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	109.58	113.25	102.35	105.56	106.74	94.30	88.30	87.50
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	5.62	5.15	13.05	12.14	9.13	23.11	19.10	18.60
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	82.58	85.35	74.55	77.56	79.14	66.20	60.20	59.80
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	6.81	6.03	17.51	15.65	11.54	34.91	31.73	31.10
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	6.42	16.58	23.22	31.42				
O	Densidad Seca Máxima; D <sub>s</sub>	gr/cm3	1.49	1.67	1.68	1.50				

**20% Cal**



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Teran FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga FECHA: 24 de Febrero del 2024



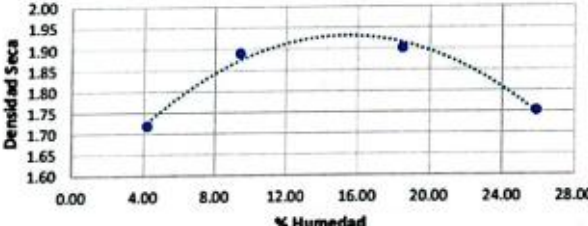
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141					
<b>TESIS:</b>	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras del CAL, Cajamarca 2023					
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arcilla			
<b>UBICACIÓN:</b>	La Lucma	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Gris			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	19/09/2023	<b>RESPONSABLE:</b>	Nilton Zambrano Delgado			
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/12/2023	<b>REVISADO POR:</b>	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4				
A	Peso Molde	gr	4005	4005	4005	4005				
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5725	5876	6045	6001				
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1720	1871	2040	1996				
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	905	905	905	905				
F	Densidad húmeda; (Dh= C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.90	2.07	2.25	2.21				
G	Recipiente	N°	a	b	a	b				
H	Peso Recipiente	gr	27.80	28.00	28.20	26.80	28.10	27.70	28.00	28.30
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	112.30	118.10	117.23	116.30	122.50	124.70	120.10	123.00
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	108.30	115.10	108.22	110.00	106.12	111.32	109.70	96.40
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	4.00	3.00	9.01	6.30	16.38	13.38	10.40	26.60
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	80.50	87.10	80.02	83.20	78.02	83.62	81.70	68.10
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	4.97	3.44	11.26	7.57	20.99	16.00	12.73	39.06
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	4.21		9.42		18.50		25.89	
O	Densidad Seca Máxima; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	1.82	1.89	1.90	1.75				




**10% Cal**



Densidad Seca

% Humedad

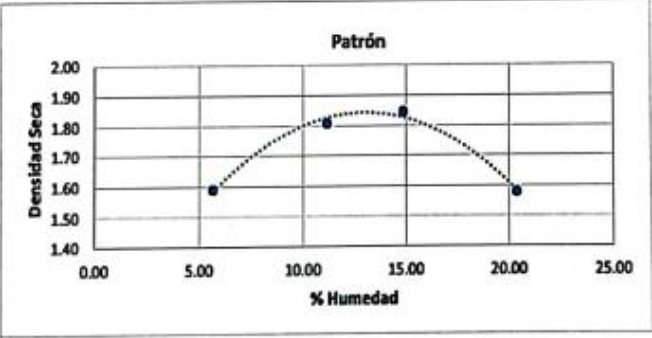
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>COORDINADOR DEL LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Teran FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga FECHA: 24 de Febrero del 2024

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
<b>ENSAYO:</b>	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO								
<b>NORMA:</b>	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141								
<b>TESIS:</b>	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición del 10%, 15% y 20% de residuos de canteras del CAL, Cajamarca 2023								
<b>CALICATA:</b>	C-1	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>			Arcilla				
<b>UBICACIÓN:</b>	La Lucma	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>			Gris				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	19/09/2023	<b>RESPONSABLE:</b>			Nilton Zambrano Delgado				
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	18/12/2023	<b>REVISADO POR:</b>			Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga				




  

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4005	4005	4005	4005	4005	4005	4005	4005
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5525	5624	5624	5923	5923	5923	5725	5725
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1520	1819	1819	1918	1918	1918	1720	1720
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	905	905	905	905	905	905	905	905
F	Densidad húmeda; (Dh= C/D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.68	2.01	2.01	2.12	2.12	2.12	1.90	1.90
G	Recipiente	N°	a		b		a		b	
H	Peso Recipiente	gr	27.70	28.00	28.30	28.00	27.90	28.10	27.70	28.20
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	113.70	114.70	108.40	107.40	108.20	110.00	108.60	107.70
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	108.56	110.60	100.00	99.77	98.20	99.00	97.00	92.30
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	5.14	4.10	8.40	7.63	10.00	11.00	11.60	15.40
L	Peso Muestra seca (J-H)	gr	80.86	82.60	71.70	71.77	70.30	70.90	69.30	64.10
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L) * 100)	%	6.36	4.96	11.72	10.63	14.22	15.51	16.74	24.02
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	5.66		11.17		14.87		20.38	
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.59		1.81		1.84		1.58	


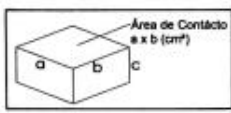





<b>OBSERVACIONES:</b>		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Teran FECHA: 24 de Febrero del 2024	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga FECHA: 24 de Febrero del 2024





LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Patrón		
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$			
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm²)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
P - 2	14.31	14.34	9.7	205.21	5454	26.58
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
250	0.59	1.22	0.006			
500	0.71	2.44	0.007			
750	0.81	3.65	0.008			
1000	0.9	4.87	0.009			
1250	1.01	6.09	0.010			
1500	1.12	7.31	0.012			
1750	1.22	8.53	0.013			
2000	1.32	9.75	0.014			
2250	1.46	10.96	0.015			
2500	1.59	12.18	0.016			
2750	1.71	13.40	0.018			
3000	1.82	14.62	0.019			
3250	1.99	15.84	0.021			
3500	2.29	17.06	0.024			
3750	2.4	18.27	0.025			
4000	2.73	19.49	0.028			
4500	2.95	21.93	0.030			
4750	3.25	23.15	0.034			
5000	3.4	24.37	0.035			
5250	3.69	25.58	0.038			
5454	4.1	26.58	0.042			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		








LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PRODCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NDRMA:	ASTM D2106/MTC E121/MP 339.16T				
TESES:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Pebón		
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$			
CÓDIGO DEL EQUIPAMIENTO (Va en la cara Cambio)	Longitud del Tizón "a" (cm)	Longitud del Tizón "b" (cm)	Longitud del Tizón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm²)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
P - 4	14.31	14.34	9.69	205.21	4976	24.25
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
250	0.67	1.22	0.007			
500	1.02	2.44	0.011			
750	1.13	3.65	0.012			
1000	1.24	4.87	0.013			
1250	1.33	6.09	0.014			
1500	1.41	7.31	0.015			
1750	1.48	8.53	0.015			
2000	1.57	9.75	0.016			
2250	1.64	10.96	0.017			
2500	1.7	12.16	0.018			
2750	1.8	13.40	0.019			
3000	1.89	14.62	0.020			
3250	2	15.84	0.021			
3500	2.16	17.06	0.022			
3750	2.28	18.27	0.024			
4000	2.58	19.49	0.027			
4250	2.89	20.71	0.030			
4500	3.04	21.93	0.031			
4750	3.23	23.15	0.033			
4976	3.58	24.25	0.037			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
NORMA:	ASTM D2166MTC E121/NTP 339.157				
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Patrón		
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris		
FECHA DE ENSAYO:	08/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		

**DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO**



$$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$$


CODIGO DEL ESPECIMEN (Va en la cara Centro)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm²)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
P - 5	14.31	14.34	9.72	205.21	5730	27.82




Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔΔL (mm/mm)
0	0	0	0
250	0.68	1.22	0.007
500	1.12	2.44	0.012
750	1.25	3.65	0.013
1000	1.38	4.87	0.014
1250	1.45	6.09	0.015
1500	1.51	7.31	0.016
1750	1.55	8.53	0.016
2000	1.58	9.75	0.016
2250	1.71	10.96	0.018
2500	1.83	12.18	0.019
2750	1.91	13.40	0.020
3000	1.98	14.62	0.020
3250	2.13	15.84	0.022
3500	2.27	17.06	0.024
3750	2.56	18.27	0.026
4000	2.81	19.49	0.029
4250	2.97	20.71	0.031
4500	3.11	21.93	0.032
4750	3.21	23.15	0.034
5000	3.54	24.37	0.036
5250	3.82	25.58	0.038
5500	3.93	26.80	0.040
5730	4.14	27.82	0.043

**OBSERVACIONES:**



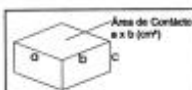



RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga
FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024









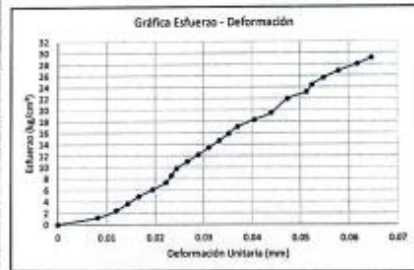
LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 10%		
CALECATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$			
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud del Tazón "a" (cm)	Longitud del Tazón "b" (cm)	Longitud del Tazón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm²)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
MT: Cal 10%	14.31	14.34	9.69	205.21	5406	26.34
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
250	0.4	1.22	0.004			
500	0.42	2.44	0.004			
750	0.62	3.65	0.006			
1000	0.82	4.87	0.008			
1250	0.93	6.09	0.010			
1500	1.04	7.31	0.011			
1750	1.15	8.53	0.012			
2000	1.25	9.75	0.013			
2250	1.36	10.96	0.014			
2500	1.46	12.18	0.015			
2750	1.51	13.40	0.016			
3000	1.56	14.62	0.016			
3250	1.76	15.84	0.018			
3500	1.95	17.06	0.020			
3750	2.2	18.27	0.023			
4000	2.45	19.49	0.025			
4250	2.8	20.71	0.029			
4500	3.02	21.93	0.031			
4750	3.32	23.15	0.034			
5000	3.78	24.37	0.038			
5250	4.24	25.58	0.044			
5406	4.74	26.34	0.049			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTCCOLO						
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO						
ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167						
"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"						
UBICACIÓN:	La Lucha	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 10%		
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$\sigma = \frac{P_{Carga}}{\text{Área}}$			
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Centro)	Longitud del Tazón "a" (cm)	Longitud del Tazón "b" (cm)	Longitud del Tazón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm²)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
M2 Cal 10%	14.21	14.25	0.75	202.49	6160	30.52
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔΔL (mm/mm)			
0	0	0	0			
250	1.19	1.23	0.012			
500	1.59	2.47	0.016			
750	1.78	3.70	0.018			
1000	1.97	4.94	0.020			
1250	2.11	6.17	0.022			
1500	2.25	7.41	0.023			
1750	2.41	8.64	0.025			
2000	2.57	9.88	0.026			
2250	2.69	11.11	0.028			
2500	2.81	12.35	0.029			
2750	2.89	13.58	0.030			
3000	3.14	14.82	0.032			
3250	3.27	16.05	0.034			
3500	3.4	17.28	0.035			
3750	3.57	18.52	0.037			
4000	3.74	19.75	0.038			
4500	4.14	22.22	0.042			
4750	4.44	23.46	0.046			
5000	4.66	24.69	0.048			
5250	5.15	25.93	0.053			
5500	5.47	27.16	0.056			
5750	5.85	28.40	0.058			
6000	5.95	29.63	0.061			
6160	6.4	30.52	0.066			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		



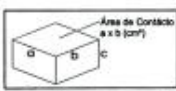
LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:		RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
NORMA:		ASTM D2166MTC E121/NTP 339.167				
TEMA:		"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 10%			
CARGATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$			
CODIGO DEL ESPECIMEN (Va en la cara Carita)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm²)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
M3 Cal 10%	14.31	14.34	9.72	206.21	5972	29.10
Carga (kg)	Δl (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔLl (mm/mm)			
0	0	0	0			
250	0.79	1.22	0.008			
500	1.16	2.44	0.012			
750	1.39	3.65	0.014			
1000	1.81	4.87	0.017			
1250	1.89	6.09	0.019			
1500	2.16	7.31	0.022			
1750	2.27	8.53	0.023			
2000	2.37	9.75	0.024			
2250	2.59	10.96	0.027			
2500	2.81	12.18	0.029			
2750	3.02	13.40	0.031			
3000	3.23	14.62	0.033			
3250	3.42	15.84	0.035			
3500	3.6	17.06	0.037			
3750	3.94	18.27	0.041			
4000	4.28	19.49	0.044			
4500	4.61	21.93	0.047			
4750	4.99	23.15	0.051			
5000	5.1	24.37	0.052			
5250	5.33	25.59	0.055			
5500	5.63	26.80	0.058			
5750	6.01	28.02	0.062			
5972	6.29	29.10	0.065			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166MTC E121/NTP 339.167				
TESE:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Luzma	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 10%		
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/03/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Alaga		

DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO



Área de Contacto  
a x b (cm<sup>2</sup>)

$$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$$


CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Caras)	Logitud del Tazón "a" (cm)	Logitud del Tazón "b" (cm)	Logitud del Tazón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
MC Cal 10%	14.26	14.29	0.71	203.70	5381	26.41




Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔLL (mm/mm)
0	0	0	0
250	0.74	1.23	0.008
500	0.76	2.45	0.008
750	0.96	3.69	0.010
1000	1.16	4.91	0.012
1250	1.27	6.13	0.013
1500	1.38	7.36	0.014
1750	1.49	8.59	0.015
2000	1.59	9.81	0.016
2250	1.7	11.04	0.018
2500	1.8	12.27	0.019
2750	1.85	13.50	0.019
3000	1.9	14.72	0.020
3250	2.1	15.95	0.022
3500	2.29	17.18	0.024
3750	2.54	18.40	0.026
4000	2.79	19.63	0.029
4500	3.14	22.08	0.032
4750	3.36	23.31	0.035
5000	3.66	24.54	0.038
5250	4.12	25.78	0.042
5381	4.58	26.41	0.047

Gráfica Esfuerzo - Deformación



OBSERVACIONES:

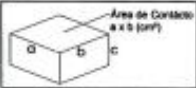
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado	Nombre: Ing. Luis Elías Herrera Terán	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Alaga
FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
ASTM D2186MTC E121NTP 339.187					
"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN	La Lucma		TIPO DE MATERIAL:	Cal al 10%	
CALCATA	C-1		COLOR DE MATERIAL:	Gris	
FECHA DE ENSAYO	06/02/2024		RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado	
			REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga	

DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO



$$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$$


CÓDIGO DEL ESPECIMEN (Ve en la cara Canto)	Logitud del Tazón "a" (cm)	Logitud del Tazón "b" (cm)	Logitud del Tazón "c" (cm)	Área de contacto o base (a*b)(cm²)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
M5- Cal 10%	14.3	14.25	9.71	200.78	6102	25.04




Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔL/L (mm/mm)
0	0	0	0
250	0.73	1.23	0.008
500	0.83	2.45	0.009
750	0.94	3.68	0.010
1000	1.04	4.91	0.011
1250	1.14	6.13	0.012
1500	1.23	7.36	0.013
1750	1.33	8.59	0.014
2000	1.43	9.81	0.015
2250	1.58	11.04	0.016
2500	1.73	12.27	0.018
2750	1.88	13.50	0.019
3000	2.03	14.72	0.021
3250	2.32	15.95	0.024
3500	2.6	17.18	0.027
3750	3.02	18.40	0.031
4000	3.43	19.63	0.035
4500	3.99	22.06	0.041
4750	4.37	23.31	0.045
5000	4.55	24.54	0.047
5102	5.04	25.04	0.052

Gráfica Esfuerzo - Deformación




OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado	Nombre: Ing. Lulu Elias Herrera Terán	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga
FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024

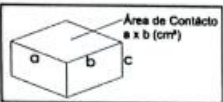




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 15%		
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		

DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO



$$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$$


CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Carlo)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm²)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
M1 Cal 10%	14.23	14.35	9.86	204.20	4173	20.44

Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔL/L (mm/mm)
0	0	0	0
250	0.43	1.22	0.004
500	0.47	2.45	0.005
750	0.6	3.67	0.006
1000	0.72	4.90	0.007
1250	0.93	6.12	0.010
1500	1.14	7.35	0.012
1750	1.28	8.57	0.013
2000	1.41	9.79	0.015
2250	1.6	11.02	0.017
2500	1.79	12.24	0.018
2750	1.97	13.47	0.020
3000	2.15	14.69	0.022
3250	2.51	15.92	0.026
3500	2.86	17.14	0.030
3750	3.05	18.36	0.032
4000	3.35	19.59	0.035
4173	4.02	20.44	0.042




  

Gráfica Esfuerzo - Deformación



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga
FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024




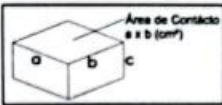
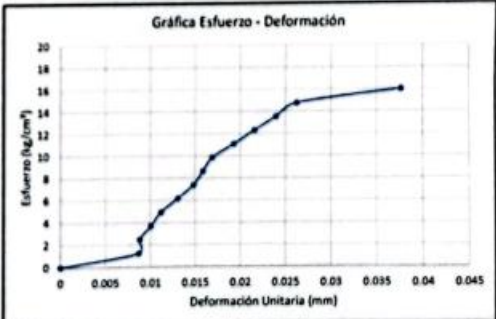





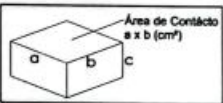


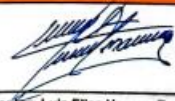







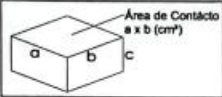






LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
	TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 15%			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$			
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b) (cm²)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm²)
M6 Cal 15%	14.28	14.23	9.64	203.20	3214	15.82
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm²)	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
250	0.84	1.23	0.009			
500	0.85	2.46	0.009			
750	0.97	3.69	0.010			
1000	1.08	4.92	0.011			
1250	1.26	6.15	0.013			
1500	1.43	7.38	0.015			
1750	1.53	8.61	0.016			
2000	1.63	9.84	0.017			
2250	1.66	11.07	0.019			
2500	2.08	12.30	0.022			
2750	2.31	13.53	0.024			
3000	2.53	14.76	0.026			
3250	3.63	15.99	0.038			
Gráfica Esfuerzo - Deformación						
						
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
<b>PROTOCOLO</b>						
<b>ENSAYO:</b>	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
<b>NORMA:</b>	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167					
<b>TESIS:</b>	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
<b>UBICACIÓN:</b>	La Lucma	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>			Cal al 20%	
<b>CALICATA:</b>	C - 1	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>			Gris	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	06/02/2024	<b>RESPONSABLE:</b>			Nilton Zambrano Delgado	
		<b>REVISADO POR:</b>			Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga	
<b>DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO</b>						
				$\sigma = \frac{PCarga}{Área}$		
<b>CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)</b>	<b>Logitud del Tizón "a" (cm)</b>	<b>Logitud del Tizón "b" (cm)</b>	<b>Logitud del Tizón "c" (cm)</b>	<b>Área de contacto o tabla (a*b)(cm²)</b>	<b>Carga Máxima Soportada "p" (kg)</b>	<b>Esfuerzo de rotura (kg/cm²)</b>
M1: Cal 20%	14.32	14.21	9.61	203.49	2225	10.93
<b>Carga (kg)</b>	<b>ΔL (mm)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm²)</b>	<b>ΔL/L (mm/mm)</b>			
0	0	0	0			
250	0.67	1.23	0.007			
500	1.07	2.46	0.011			
750	1.38	3.69	0.014			
1000	1.68	4.91	0.017			
1250	2.05	6.14	0.021			
1500	2.42	7.37	0.025			
1750	2.6	8.60	0.027			
2000	2.77	9.83	0.029			
2225	2.95	10.93	0.031			
						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		





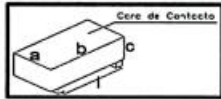




<b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
	TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 20%			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
<b>DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO</b>						
		$\sigma = \frac{P_{Carga}}{\text{Área}}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Área de contacto o tabla (a*b)(cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
M3: Cal 20%	14.31	14.34	9.69	205.21	3175	15.47
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
250	0.28	1.22	0.003			
500	0.29	2.44	0.003			
750	0.36	3.65	0.004			
1000	0.42	4.87	0.004			
1250	0.62	6.09	0.006			
1500	0.82	7.31	0.008			
1750	0.94	8.53	0.010			
2000	1.05	9.75	0.011			
2250	1.07	10.96	0.011			
2500	1.24	12.16	0.013			
2750	1.51	13.40	0.016			
3000	1.77	14.62	0.018			
3175	2.09	15.47	0.022			
<b>Gráfica Esfuerzo - Deformación</b>						
						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

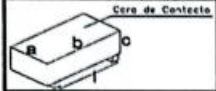








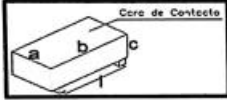








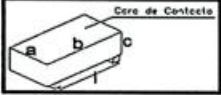




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROCESO						
ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167					
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Patrón			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f_b' = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f_b': \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P - 1	15.08	28.66	9.65	18.00	389	21.61
Carga (kg)		ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔLL (mm/mm)	Gráfica Esfuerzo - Deformación	
0	0	0	0			
50	0.38	2.78	0.004			
100	0.57	5.56	0.006			
150	0.77	8.33	0.008			
200	0.92	11.11	0.010			
250	1.07	13.89	0.011			
300	1.32	16.67	0.014			
350	1.48	19.44	0.015			
389	1.67	21.61	0.017			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

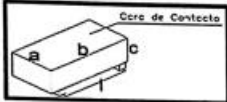




LABORATORIO DE ENSAYOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA	ASTM D2166/MTC E 121/NTP 339 167					
TEMA	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Patrón			
CALCATA	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P - 2	15.16	28.29	9.65	18.00	461	25.61
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.30	2.78	0.003			
100	0.49	5.56	0.005			
150	0.69	8.33	0.007			
200	0.84	11.11	0.009			
250	0.99	13.89	0.010			
300	1.24	16.67	0.013			
350	1.35	19.44	0.014			
400	1.53	22.22	0.016			
450	1.74	25.00	0.018			
461	1.83	25.61	0.019			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167					
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Patrón			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P - 3	15.11	28.74	9.65	18.00	312	17.33
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)	<div style="text-align: center;">Gráfica Esfuerzo - Deformación</div> 		
0	0	0	0			
50	0.30	2.78	0.003			
100	0.38	5.56	0.004			
150	0.48	8.33	0.005			
200	0.63	11.11	0.007			
250	0.83	13.89	0.009			
300	1.31	16.67	0.014			
312	1.47	17.33	0.015			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		


LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
		<b>PROTOCOLO</b> RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
ENSAYO:		ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
NORMA:		"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
TESIS:						
UBICACIÓN:	La Luoma	TIPO DE MATERIAL:	Patrón			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
<b>DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO</b>						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tijón "a" (cm)	Logitud del Tijón "b" (cm)	Logitud del Tijón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P - 4	14.96	28.65	9.65	18.00	305	16.94
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.29	2.78	0.003			
100	0.51	5.56	0.005			
150	0.69	8.33	0.007			
200	0.85	11.11	0.009			
250	1.01	13.89	0.010			
300	1.27	16.67	0.013			
305	1.52	16.94	0.016			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:		RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
NORMA:		ASTM D2166/MTS E121/INTP 339.167				
TESIS:		"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Patrón			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPECÍMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P-5	15.12	28.33	9.65	18.00	357	19.83
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)	<p style="text-align: center;">Gráfica Esfuerzo - Deformación</p> 		
0	0	0	0			
50	0.18	2.78	0.002			
100	0.56	5.56	0.006			
150	1.31	8.33	0.014			
200	2.29	11.11	0.024			
250	3.40	13.89	0.035			
300	4.75	16.67	0.049			
350	6.30	19.44	0.065			
357	8.05	19.83	0.083			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167					
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Patrón			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	08/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P - 6	14.93	28.98	9.65	18.00	360	20.00
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.25	2.78	0.003			
100	0.47	5.56	0.005			
150	0.79	8.33	0.008			
200	1.21	11.11	0.013			
250	1.74	13.89	0.018			
300	2.57	16.67	0.027			
350	3.63	19.44	0.038			
360	4.83	20.00	0.050			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

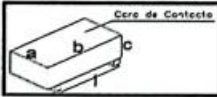


LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
	ASTM D2166MTC E 121 NTP 339 167					
	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN	La Lucha		TIPO DE MATERIAL	Cal al 10%		
CALCATA	C-1		COLOR DE MATERIAL	Gris		
FECHA DE ENSAYO	06/02/2024		RESPONSABLE	Nilton Zambrano Delgado		
			REVISADO POR	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$f'_b = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot a \cdot c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$			
CÓDIGO DEL ESPECIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P1 : Cal 10%	14.94	28.99	9.66	18.00	410	22.78
Carga (kg)	$\Delta L$ (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L/L$ (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.25	2.78	0.003			
100	0.39	5.56	0.004			
150	0.49	8.33	0.005			
200	0.59	11.11	0.006			
250	0.70	13.89	0.007			
300	1.00	16.67	0.010			
350	1.23	19.44	0.013			
410	1.37	22.78	0.014			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elías Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 10%		
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		

DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO



$$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$$


CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Sopotada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P2 : Cal 10%	14.93	28.98	9.65	16.00	360	21.11

Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)
0	0	0	0
50	0.33	2.78	0.003
100	0.44	5.56	0.005
150	0.63	8.33	0.007
200	0.96	11.11	0.010
250	1.16	13.89	0.012
300	1.31	16.67	0.014
350	1.43	19.44	0.015
360	1.63	21.11	0.017




  

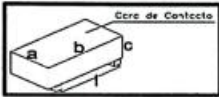




Gráfica Esfuerzo - Deformación



OBSERVACIONES:

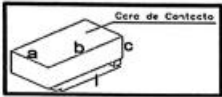
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 Nombre: Nilton Zambrano Delgado	 Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán	 Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga
FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024	FECHA: 11 / 03 / 2024

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:		RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
NORMA:		ASTM D2186/MTC E121/NTP 339.167				
TESIS:		"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 10%			
CALIGATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Oriando Aguilar Allaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P3 - Cal 10%	14.95	29.95	9.62	16.00	370	20.56
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.22	2.78	0.002			
100	0.45	5.56	0.005			
150	0.87	8.33	0.009			
200	1.12	11.11	0.012			
250	1.29	13.89	0.013			
300	1.52	16.67	0.016			
350	1.75	19.44	0.018			
370	2.12	20.56	0.022			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Oriando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
<b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 10%			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			


**DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO**






$$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$$

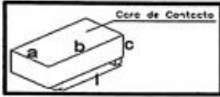


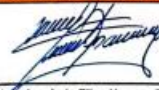

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P4 : Cal 10%	14.97	28.95	9.68	18.00	441	24.50

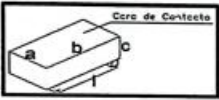




Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)
0	0	0	0
50	0.39	2.78	0.004
100	0.54	5.56	0.006
150	0.63	8.33	0.007
200	0.83	11.11	0.009
250	1.23	13.89	0.013
300	1.40	16.67	0.014
350	1.52	19.44	0.016
441	1.74	24.50	0.018


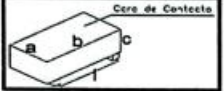






**OBSERVACIONES:**

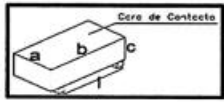




RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado FECHA: 11 / 03 / 2024	Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán FECHA: 11 / 03 / 2024	Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga FECHA: 11 / 03 / 2024

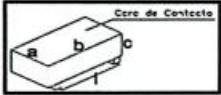




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167					
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 10%		
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P5 : Cal 10%	14.97	28.92	9.69	18.00	371	20.61
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.29	2.78	0.003			
100	0.44	5.56	0.005			
150	0.51	8.33	0.005			
200	0.71	11.11	0.007			
250	1.11	13.89	0.011			
300	1.27	16.67	0.013			
350	1.39	19.44	0.014			
371	1.59	20.61	0.016			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

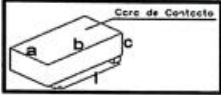




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA:	ASTM D2166/MTC E121-NTP 338 167					
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 10%			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Grs			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud del Tizón "a" (cm)	Longitud del Tizón "b" (cm)	Longitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P6 : Cal 10%	14.93	28.98	9.65	18.00	470	26.11
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.34	2.78	0.004			
100	0.48	5.56	0.005			
150	0.61	8.33	0.006			
200	0.81	11.11	0.008			
250	1.06	13.89	0.011			
300	1.31	16.67	0.014			
350	1.51	19.44	0.016			
470	1.71	26.11	0.018			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
	ASTM D2166-MTC E121/NTP 339.167					
TESIS: "RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"						
UBICACIÓN:	La Lucma		TIPO DE MATERIAL:	Cal al 15%		
CALCATA:	C - 1		COLOR DE MATERIAL:	Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024		RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado		
			REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$			
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P1 : Cal 15%	14.9	229	9.7	18.00	311	17.28
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.31	2.78	0.003			
100	0.51	5.56	0.005			
150	0.78	8.33	0.008			
200	1.00	11.11	0.010			
250	1.25	13.89	0.013			
300	1.42	16.67	0.015			
311	1.52	17.28	0.016			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		


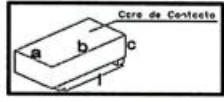






LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:		RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
NORMA:		ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
TESIS:		"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 15%			
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud del Tizón "a" (cm)	Longitud del Tizón "b" (cm)	Longitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P2 : Cal 15%	14.97	28.98	9.63	18.00	277	15.39
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.12	2.78	0.001			
100	0.35	5.56	0.004			
150	0.63	8.33	0.007			
200	0.85	11.11	0.009			
250	1.02	13.89	0.011			
277	1.25	15.39	0.013			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

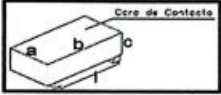




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167					
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 15%			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPECIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud del Tizón "a" (cm)	Longitud del Tizón "b" (cm)	Longitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P3 : Cal 15%	14.99	28.999	9.69	16.00	336	18.67
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.15	2.78	0.002			
100	0.25	5.56	0.003			
150	0.42	8.33	0.004			
200	0.58	11.11	0.006			
250	0.82	13.89	0.008			
300	1.20	16.67	0.012			
336	1.60	18.67	0.017			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		


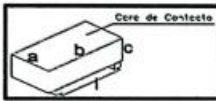




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA:	ASTM D2186/MTC E121/NTP 339.167					
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 15%		
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a + c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P4 - Cal 15%	1489	28.89	9.59	16.00	294	16.33
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.15	2.78	0.002			
100	0.28	5.56	0.003			
150	0.37	8.33	0.004			
200	0.53	11.11	0.006			
250	0.65	13.89	0.007			
294	0.83	16.33	0.009			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		




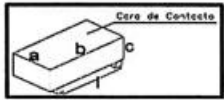




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
	TEISIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 15%			
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P5 : Cal 15%	14.95	28.9	9.68	18.00	369	20.50
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.11	2.78	0.001			
100	0.24	5.56	0.002			
150	0.41	8.33	0.004			
200	0.62	11.11	0.006			
250	0.86	13.89	0.009			
300	1.04	16.67	0.011			
350	1.28	19.44	0.013			
369	1.52	20.50	0.016			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Lula Elías Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167					
TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 15%		
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Carilo)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P6 : Cal 15%	14.96	28.87	9.7	18.00	320	17.78
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.13	2.78	0.001			
100	0.26	5.56	0.003			
150	0.43	8.33	0.004			
200	0.64	11.11	0.007			
250	0.86	13.89	0.009			
300	1.04	16.67	0.011			
350	1.31	19.44	0.014			
320	1.55	17.78	0.016			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO						
ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167						
*RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023*						
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 20%			
CALIGATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canio)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P1 : Cal 20%	14.93	28.98	9.85	18.00	315	17.50
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)	<div style="text-align: center;">Gráfica Esfuerzo - Deformación</div> 		
0	0	0	0			
50	0.12	2.78	0.001			
100	0.32	5.56	0.003			
150	0.48	8.33	0.005			
200	0.78	11.11	0.008			
250	1.03	13.89	0.011			
300	1.18	16.67	0.012			
315	1.32	17.50	0.014			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
						
PROTOCOLO						
ENSAYO: RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO						
NORMA: ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167						
TESIS: "RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"						
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:			20%	
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:			Gris	
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:			Nilton Zambrano Delgado	
		REVISADO POR:			Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga	
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPECIMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P2 : Cal 20%	14.93	28.98	9.85	18.00	271	15.06
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.12	2.78	0.001			
100	0.18	5.56	0.002			
150	0.32	8.33	0.003			
200	0.48	11.11	0.005			
250	0.62	13.89	0.006			
271	0.85	15.06	0.009			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
	NORMA:	ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
	TESIS:	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:		Cal al 20%		
CALICATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:		Gris		
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado		
		REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPECÍMEN (Va en la cara Carlo)	Longitud del Tizón "a" (cm)	Longitud del Tizón "b" (cm)	Longitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P3 : Cal 20%	14.93	28.96	9.65	18.00	300	16.67
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.15	2.78	0.002			
100	0.28	5.56	0.003			
150	0.41	8.33	0.004			
200	0.55	11.11	0.006			
250	0.65	13.89	0.007			
300	0.87	16.67	0.009			
						
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
						
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
	PROTOCOLO					
	RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO					
	ASTM D2166/MTS E121/NTP 339.167					
	"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"					
UBICACIÓN:	La Lucma		TIPO DE MATERIAL:		Cal al 20%	
CALICATA:	C - 1		COLOR DE MATERIAL:		Gris	
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024		RESPONSABLE:		Nilton Zambrano Delgado	
			REVISADO POR:		Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga	
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
			$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$			
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Carlot)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P4 : Cal 20%	14.93	28.98	9.85	18.00	287	15.94
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL/L (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.15	2.78	0.002			
100	0.33	5.56	0.003			
150	0.47	8.33	0.005			
200	0.67	11.11	0.007			
250	0.93	13.89	0.010			
287	1.12	15.94	0.012			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Allaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		



LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTÓCOLO						
ENSAYO:		RESISTENCIA A FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO				
NORMA:		ASTM D2166/MTC E121/NTP 339.167				
TESIS:		"RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON LA ADICIÓN DEL 10%, 15% Y 20% DE RESIDUOS DE CANTERAS DEL CAL, CAJAMARCA - 2023"				
UBICACIÓN:	La Lucma	TIPO DE MATERIAL:	Cal al 20%			
CALCATA:	C - 1	COLOR DE MATERIAL:	Gris			
FECHA DE ENSAYO:	06/02/2024	RESPONSABLE:	Nilton Zambrano Delgado			
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Orlando Aguilar Alaga			
DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULO						
		$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$				
CÓDIGO DEL ESPECÍMEN (Va en la cara Canto)	Logitud del Tizón "a" (cm)	Logitud del Tizón "b" (cm)	Logitud del Tizón "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyo "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "p" (kg)	Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
P5 : Cal 20%	14.97	28.85	9.71	18.00	421	23.39
Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔLL (mm/mm)			
0	0	0	0			
50	0.18	2.78	0.002			
100	0.31	5.56	0.003			
150	0.53	8.33	0.005			
200	0.88	11.11	0.009			
250	1.13	13.89	0.012			
300	1.44	16.67	0.015			
350	1.64	19.44	0.017			
421	1.78	23.39	0.018			
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Nombre: Nilton Zambrano Delgado		Nombre: Ing. Luis Elias Herrera Terán		Nombre: Dr. Ing. Orlando Aguilar Alaga		
FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		FECHA: 11 / 03 / 2024		