




Compression and Bending Strength of Compacted Adobes with Addition of Cement, Gypsum and Lime in Proportions of 2.5%, 5% and 7.5%, Cajamarca 2023

Jhonatan Abner Alvarado Salazar, Bach.1 ; Gabriela Alexandra Marcelo Rodríguez, Bach.2 ; and Orlando Aguilar Aliaga, Dr.3 
1 Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00015947@upn.pe
2 Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00027367@upn.pe
3 Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, orlando.aguilar@upn.edu.pe

Abstract. The main objective of this research was to analyze the compressive and flexural strength of compacted adobes with the addition of cement, gypsum, and lime at proportions of 2.5%, 5%, and 7.5%, in relation to the study soil. The material was extracted from the "Cruz Blanca" quarry in Cajamarca, a region where the material is used in buildings. To achieve this objective, tests were carried out to determine the soil properties, modified Proctor, and axial and flexural strength tests. A quantitative approach was used, with a total of 160 adobes compacted with the CINVA RAM machine.

The results showed that the compressive strength is influenced by the stabilizer used and the percentage added, increasing or decreasing the strength depending on the case. Compressive strengths of: 32.44 kg/cm² for the control sample, for cement 10.96 kg/cm², 14.39 kg/cm², and 13.84 kg/cm², for gypsum 25.49 kg/cm², 42.13 kg/cm², and 19.92 kg/cm². Finally, for lime 31.87 kg/cm², 33.79 kg/cm², and 37.16 kg/cm² in relation to 2.5%, 5%, and 7.5% of stabilizer respectively; exceeding, in all cases, the requirement of the E 080 standard. However, only two samples (with 5% gypsum and 7.5% lime) meet what was proposed in the hypothesis, being partially accepted.

Keywords: Adobe, Strength, Cement, Gypsum and Lime

Resistencia a la Compresión y Flexión de Adobes Compactados con Adición de Cemento, Yeso y Cal en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5%, Cajamarca 2023

Jhonatan Abner Alvarado Salazar, Bach.1 ; Gabriela Alexandra Marcelo Rodríguez, Bach.2 ; and Orlando Aguilar Aliaga, Dr.3 

1 Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00015947@upn.pe

2 Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00027367@upn.pe

3 Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, orlando.aguilar@upn.edu.pe

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar la resistencia a compresión y flexión de adobes compactados con adición de cemento, yeso y cal en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5%, respecto al suelo de estudio. El material fue extraído de la cantera “Cruz Blanca” en Cajamarca, zona donde el material se emplea en las edificaciones. Para lograr dicho objetivo, se realizaron ensayos para determinar las propiedades del suelo, Proctor modificado y ensayos de resistencia a la compresión axial y flexión. Se utilizó un enfoque cuantitativo, teniendo un total de 160 adobes compactados con la máquina CINVA RAM.

Se encontró que, la resistencia a compresión es influenciada según el estabilizante empleado y porcentaje adicionado, aumentando o disminuyendo la resistencia según sea el caso. Se obtuvo resistencias a la compresión de: 32.44 kg/cm² para la muestra patrón, para el cemento 10.96 kg/cm², 14.39 kg/cm² y 13.84 kg/cm², para el yeso 25.49 kg/cm², 42.13 kg/cm² y 19.92 kg/cm². Finalmente, para la cal 31.87 kg/cm², 33.79 kg/cm² y 37.16 kg/cm² en relación al 2.5%, 5% y 7.5% de estabilizante respectivamente; superando, en todos los casos, el requerimiento de la Norma E 080. No obstante, solo dos muestras (con 5% de yeso y 7.5% de cal) cumplen con lo planteado en la hipótesis, siendo parcialmente aceptada.

Palabras Claves: Adobe, resistencia, cemento, yeso y cal.

I. INTRODUCCIÓN

La Norma E.080 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017, define al adobe como unidades de suelo crudo que se pueden mezclar con paja o arena gruesa para aumentar su fuerza y resistencia. [1]

El adobe es elaborado con material del entorno, es ecológico, puede ser reciclado o desechado con el mínimo daño al medio ambiente. A pesar de los múltiples beneficios mencionados,

Identificador de Objeto Digital:(sólo para trabajos completos, insertados por LACCEI).
ISSN, ISBN:(a insertar por LACCEI).
NO QUITAR

presenta limitaciones en comparación de otros materiales industrializados, como exponen [6] el adobe tiene valores significativamente bajos en sus propiedades mecánicas y el desgaste significativo por la exposición a condiciones climáticas durante su vida útil.

El interés por mejorar las características del adobe ha conllevado a diversos estudios que emplean materiales de origen natural y/o industrializados como estabilizadores.

En México, [7] investigó la eficiencia del adobe al emplear tierra orgánica y amarilla. Encontrando que, la tierra orgánica no estabilizada y estabilizada, no es apta para la construcción. Por otro lado, usando cal al 15% aumentó la resistencia a compresión en 54.82%. Además, el estabilizante de cemento al 10% disminuye la resistencia en 25.81% en relación con la muestra patrón y aumenta en 185.15% al emplear cemento al 15%.

En Colombia, [9] estudió la resistencia a la compresión de adobes estabilizados con yeso y caña de azúcar. Concluyendo que, al emplear yeso al 15% la resistencia a compresión disminuye en 5.83% a comparación de la muestra control, la muestra con 5% de yeso y caña de azúcar presento un aumento en su resistencia de 9.13%. En síntesis, la resistencia reduce según aumenta el porcentaje de estabilizante, al tener un material no ideal (arcilla arenosa).

En Chile, [4] evaluó el impacto ambiental y la resistencia a la compresión de BTC estabilizados con cemento Portland y Cal Hidratada. Teniendo que, la resistencia a la compresión no varía al adicionar cal. La resistencia con respecto al adobe patrón al adicionar cemento en 5% aumentó en 82.89%, 10% aumentó en 569.74%, 15% aumentó en 700% y con 20% aumentó en 877.11%.

En Ecuador, [3] investigó sobre la fabricación de bloques de suelo estabilizados. Obtuvo como resultado que, la resistencia y durabilidad son garantizadas con la adición de 9.75% y 13% de cemento, ya que, se superó las limitaciones

propias del adobe patrón en 184.58% y 263.55% respectivamente.

En Cajamarca, [5] estudió la resistencia a compresión y flexión del adobe estabilizado con cal en 5%, 10% ,15% y 20%. Encontrando que, los especímenes han aumentado su resistencia a la compresión en 9.24%, 13.50%, 20.37% y 31.85% respectivamente, además de aumentar su resistencia a la flexión en 6.20%, 16.93%, 23.29% y 31.45%.

El empleo del adobe permite el acceso a vivienda a muchas personas, debido a su bajo costo, facilidad de elaboración y proceso constructivo. Por ello, surge la necesidad de una investigación que analicen el impacto que tiene sobre los adobes adicionar materiales comunes en el sector constructivo como estabilizadores, por tal motivo, el presente estudio busca evidenciar que, al adicionar estos estabilizantes al adobe, puede mejorar sus propiedades mecánicas de resistencia a compresión y flexión, asimismo, brindar una base teórica para futuras investigaciones que estudien la misma problemática.

La norma española, AENOR presenta la definición del Bloque de Tierra Comprimida (BTC), que es una pieza de albañilería obtenida a partir de la compresión de la tierra húmeda, que puede poseer estabilizadores o aditivos con la finalidad de obtener características particulares. [2]

Por lo antes expuesto, la investigación plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál es la resistencia a la compresión y flexión de adobes compactados con adición de cemento, yeso y cal en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5%?

Teniendo como objetivo principal, determinar la resistencia a la compresión y flexión de adobes compactados con adición de cemento, yeso y cal en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5%. Asimismo, los objetivos específicos: determinar las propiedades físicas del suelo, para la elaboración de adobes compactados con la máquina Cinva RAM; elaborar unidades de adobe compactado con y sin adición de cemento, yeso y cal en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5%; y determinar la resistencia a la compresión y flexión de unidades de adobe compactado con y sin adición de cemento, yeso y cal en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5%.

La información presentada anteriormente da lugar a la siguiente hipótesis: la resistencia a la compresión axial de adobes compactados con adición de cemento, yeso y cal en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5%, aumenta hasta en 5%.

II. CONSEJOS ÚTILES

La investigación es de tipo experimental, ya que, se evaluó el comportamiento en la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado al modificar la mezcla patrón.

Según el enfoque, es cuantitativo, teniendo en cuenta que según [8] la investigación cuantitativa mide y analiza la

realidad a través de la recolección de datos relacionando las variables dependientes e independientes. Asimismo, posee un nivel correlacional, ya que, evaluó la influencia entre los estabilizantes agregados y las características mecánicas alcanzadas.

Se consideró la misma cantidad en la población y muestra en base a la norma E.080 del RNE [1]. Teniendo en cuenta los adobes compactados patrón y estabilizados con cemento, cal y yeso en porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5% en relación con su peso, sumando un total de 160 especímenes.

Con respecto, a los materiales de la investigación el suelo fue extraído de la cantera “Cruz Blanca” y los estabilizadores de cemento, yeso y cal; comprados de un proveedor local. Asimismo, los equipos contemplados como balanza, máquina Cinva RAM, máquina para ensayo de compresión axial y flexión, entre otros; fueron brindados por la Universidad Privada del Norte (UPN). Finalmente, como métodos, al ser un estudio de tipo experimental se tuvo un desarrollo ordenado que será detallado en el procedimiento.

En relación, a las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos, se emplearon para los ensayos realizados las guías y protocolos aprobados por UPN y la dirección de carrera de Ingeniería Civil. La información y datos obtenidos en laboratorio fueron procesados mediante un trabajo de gabinete y los resultados analizados a través de cuadros y gráficos estadísticos en Microsoft Excel.

El procedimiento que tuvo el presente estudio se dividió en cinco etapas. Siendo la primera etapa, la obtención de los materiales, el suelo fue extraído de la cantera “Cruz Blanca” y transportado en sacos impermeables para no alterar sus condiciones naturales.

La extracción de tierra a utilizar se realizó de forma manual con palana, haciendo la separación de impurezas mediante una malla N.º 3/4. Los materiales de yeso, cal y cemento; fueron comprados de un proveedor local.

La segunda etapa, consistió en los ensayos de mecánica de suelos bajo la normativa vigente propia de cada ensayo, estos fueron: Contenido de humedad (NTP 339.127, 1998/ ASTM D2216), Límites de consistencia o límites de Atterberg (NTP 339.129, 1999 /MTC E111/ASTM D4318), Análisis Granulométrico mediante tamizado por lavado (Norma NTP 339.128, 1999) y Compactación de Proctor modificado (NTP 339.141, MTC E115/ ASTM D1557).

La tercera etapa, fue la elaboración de los adobes compactados con la maquina Cinva RAM. Empleando los resultados de óptimo contenido de humedad (OCH) del ensayo de Proctor modificado para las distintas mezclas y la cantidad de 9 kg que es la capacidad de la máquina Cinva RAM, se procedió a realizar un cálculo de dosificación de agua, suelo y estabilizante según los porcentajes correspondientes en base al peso.

Con los datos de las dosificaciones de los materiales, se hizo una mezcla homogénea según sea el caso, posteriormente, se coloca la mezcla en la máquina Cinva RAM y se accionó la prensa, este proceso se realizó para todas las muestras necesarias. Finalmente, los 160 especímenes, entre patrón y estabilizados, de adobe compactado se dejaron secar durante 28 días.

La cuarta etapa, comprendió los ensayos de resistencia a compresión y flexión de los adobes compactados a los 28 días de secado.

Finalmente, en la última etapa se realizó el trabajo en gabinete de procesamiento y el análisis de datos recolectados.

En consideración, a los aspectos éticos se tuvo: no manipulación de datos, veracidad y transparencia de información y reconocimiento a los autores de referencia.

III. UNIDADES

Ensayos para determinar propiedades físicas del suelo:

Contenido de humedad:

Del ensayo realizado, se obtuvo que el suelo presenta 14.48% de contenido de humedad.

Análisis granulométrico por lavado:

Con respecto al ensayo de Granulometría por lavado, se obtuvo que:

Tabla 1

Porcentaje de suelo que pasa la malla N°200

Tamiz	% que pasa
N.°200	62.06

Límites de Atterberg:

Este ensayo brinda los resultados de Límite Líquido y Plástico, a partir de ellos se obtiene el Índice de Plasticidad

Tabla 2

Límites de Atterberg

Límites de Atterberg	
Límite Líquido (%)	36.10
Límite Plástico (%)	21.29
Índice de plasticidad	14.81

Clasificación del suelo

Con los resultados de los ensayos mostrados anteriormente, se realizó la clasificación SUCS del suelo de la cantera “Cruz

Blanca”, teniendo así, que el suelo empleado para la elaboración de adobes es Arcilla arenosa (CL).

Ensayo de Proctor modificado

Este ensayo brinda los resultados de la Densidad Máxima Seca (DMS) y Óptimo Contenido de Humedad (OCH) del suelo, a partir de ello se determinó la cantidad de agua para cada dosificación.

Tabla 3

Resultados de Proctor modificado

Proctor Modificado		
	DMS (gr/cm ³)	OCH (%)
Muestra patrón	1.90	13.32
Con 2.5% de cemento	1.91	12.85
Con 5% de cemento	1.93	12.78
Con 7.5% de cemento	1.92	11.74
Con 2.5% de yeso	1.92	12.82
Con 5% de yeso	1.88	14.11
Con 7.5% de yeso	1.81	13.36
Con 2.5% de cal	1.89	13.44
Con 5% de cal	1.84	14.08
Con 7.5% de cal	1.85	14.04

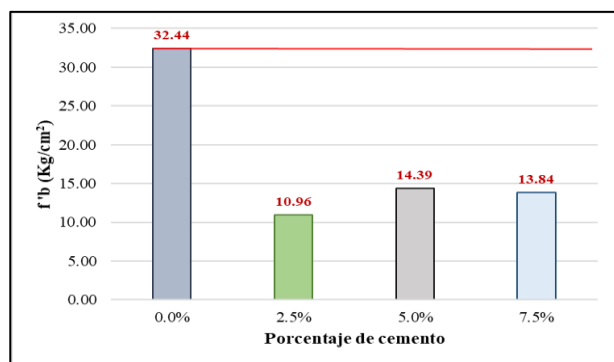
Con respecto a los ensayos de resistencia a compresión y flexión de los 160 adobes compactados, se muestra a continuación los resultados de manera gráfica.

Resistencia a compresión

Estabilizador cemento

Figura 1

Gráfico resumen de resistencia a compresión de cemento

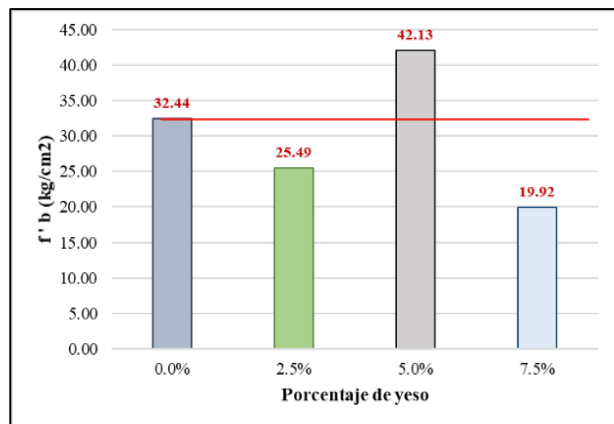


Nota. Gráfico de barras comparativo de la resistencia a compresión usando estabilizador cemento.

Estabilizador yeso

Figura 2

Gráfico resumen de resistencia a compresión de yeso



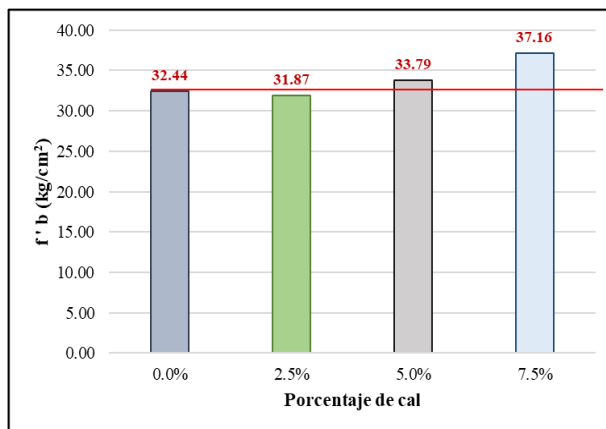
Nota. Gráfico de barras comparativo de la resistencia a compresión usando estabilizador yeso.

Estabilizador cal

Figura 3

Gráfico resumen de resistencia a compresión de cal

Nota. Gráfico de barras comparativo de la resistencia a compresión usando estabilizador cal.

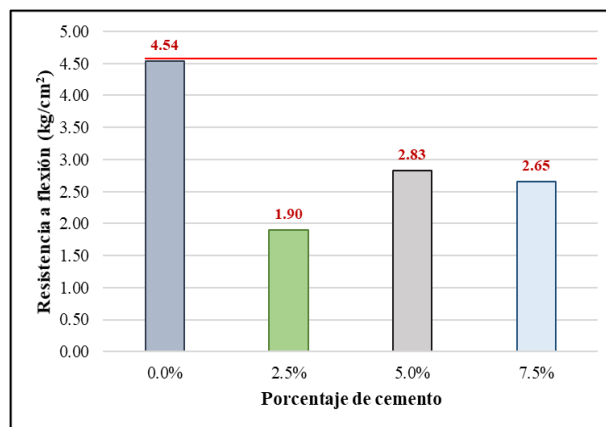


Resistencia a flexión

Estabilizador cemento:

Figura 4

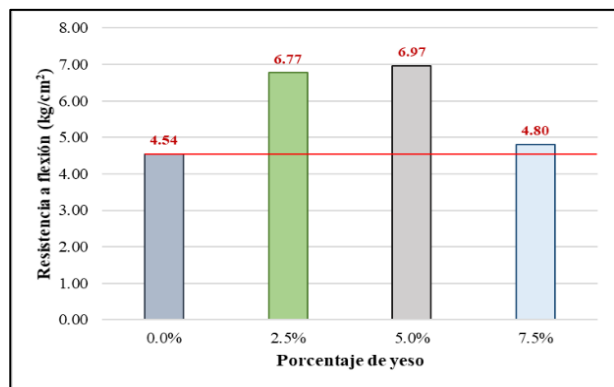
Gráfico resumen de resistencia a flexión de cemento



Nota. Gráfico de barras comparativo de la resistencia a flexión usando estabilizador cemento.

Figura 5

Gráfico resumen de resistencia a flexión de yeso

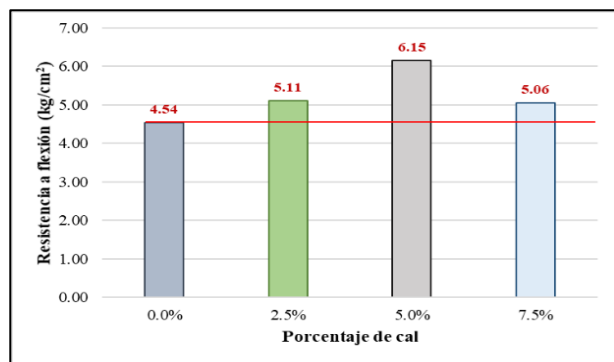


Nota. Gráfico de barras comparativo de la resistencia a flexión usando estabilizador yeso.

Estabilizador cal:

Figura 6

Gráfico resumen de resistencia a flexión de cal



Nota. Gráfico de barras comparativo de la resistencia a flexión usando estabilizador cal.

Discusión

Los adobes compactados con cemento, yeso y cal en los porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5%, y los de muestra patrón superan los valores indicados para la resistencia a compresión (10.20 Kg/cm²) y resistencia a flexión (0.81 kg/cm²) establecidos en la Norma E. 080, 2017. Asimismo, al comparar con la norma española UNE 41410 [2] que es más rigurosa con los valores mínimos aceptables para la resistencia a compresión. Tenemos que, sólo las muestras con yeso, cal y patrón cumplen con los indicativos. De tal manera, los especímenes con 2.5% y 5% de yeso, la muestra patrón y todas las dosificaciones con cal; cumplen con la clasificación de BTC 2 (3 N/mm²). De igual forma, las muestras con 7.5% de yeso se clasifican como BTC 1 (1.3 N/mm²)

Con respecto a la interpretación de resultados comparativos, en el presente estudio, el suelo empleado para la elaboración de adobes es una arcilla arenosa, con este tipo de suelo se alcanzó una resistencia a compresión de 32.44 kg/cm² y flexión de 4.54 kg/cm², es decir, se superó a lo establecido en la norma E. 080 [1] en 218.04% y 460.49% respectivamente. Asimismo, en la investigación de [9], quien obtuvo una resistencia a compresión de 20.09 kg/cm² con el mismo tipo de suelo, se puede identificar que nuestro estudio alcanza valores superiores en dicha resistencia.

Con relación a los adobes compactados con adición de cemento, la dosificación más favorable es de 5% de estabilizante en comparación a los otros porcentajes, no obstante, esta mezcla disminuye en 55.64% en cotejo con la muestra patrón. Este resultado difiere de las investigaciones de [7] y [4] donde se determinó que, al adicionar cemento en porcentajes 5% a 20% lograron valores significativos a partir de su muestra patrón. Cabe mencionar que, en la investigación de [3] sólo dos dosificaciones superan la resistencia a compresión de la muestra control, siendo así que, adicionar cemento en porcentajes menores a 9.75% disminuye significativamente la resistencia, lo que comulga con nuestra investigación, donde se adicionó cemento en porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5%, obteniendo resultados no favorables con el empleo de este estabilizador.

Asimismo, los adobes compactados con 5% de yeso (42.13 kg/cm²) presentan la mayor resistencia a compresión en comparación con las dosificaciones de 2.5% (16.64 kg/cm²) y 7.5% (22.21 kg/cm²) del estabilizante en mención. Siendo así que, la mezcla con 5% de yeso supera a la muestra patrón en 29.87%. En comparativa con el estudio de [9] quien al emplear 15% de yeso obtuvo una resistencia de 18.97 kg/cm², se puede identificar que, en la presente tesis se obtuvo valores semejantes con los porcentajes de 2.5% y

7.5%, es decir, se logró una resistencia a compresión similar con menores cantidades de estabilizante adicionado.

De igual manera, con el empleo de cal en los porcentajes de 5% (33.79 kg/cm²) y 7.5% (37.16 kg/cm²) se tuvo mayor resistencia a compresión a comparación de la muestra patrón, superando a esta en 4.17% y 14.54% respectivamente. En contraste a los resultados de nuestra investigación, el estudio realizado por [4], no obtuvo influencia alguna al emplear cal en diferentes porcentajes. Sumado a esto, los estudios de [7] y [5] quienes concuerdan que al emplear 15% y 20% de cal, se puede superar la resistencia a compresión de la muestra patrón.

Por otro lado, al realizar el análisis de los resultados obtenidos en la resistencia a flexión con los diferentes estabilizadores, podemos observar que, en dos de ellos (yeso y cal) se tiene un aumento promedio de 36.12% y 19.82% respectivamente, en relación con la muestra patrón. Empero, la resistencia a flexión de las muestras con cemento presentó una depreciación promedio de 45.82% en cuanto a la muestra patrón. De esta manera, la adición de 2.5% y 5% de yeso y 5% de cal, alcanzan los valores máximos de resistencia a flexión en relación con la norma E. 080 (0.81 kg/cm²) y la muestra patrón (4.54 kg/cm²).

Citando el estudio de [5] quien estudio la resistencia a flexión al adicionar cal en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, se infiere que, nuestros resultados concuerdan con el autor, debido a que, al emplear cal la resistencia puede aumentar a comparación de la muestra patrón, es decir, es un estabilizador adecuado para mejorar diferentes tipos de suelo inorgánicos.

En ese sentido, luego de contrastar los resultados de la presente investigación con los encontrados en estudios de otros autores, podemos establecer que, el porcentaje de adición y/o combinación de estabilizantes, puede afectar la resistencia a compresión y flexión de forma favorable o perjudicial.

Como implicancias de la investigación, se tiene que, el presente estudio aporta conocimiento sobre el empleo de materiales comunes en el sector constructivo en forma de estabilizadores, lo que, servirá como base teórica y comparativa para futuras investigaciones que estudien la misma problemática, implementando nuevas variables a partir de los resultados encontrados en nuestra investigación. Asimismo, esta investigación puede ser utilizada como referente para la elaboración de adobes con este tipo de suelo

(arcilla arenosa) empleado el estabilizante más favorable, con lo que se garantiza valores superiores en las propiedades mecánicas a lo demandado por las normativas vigentes.

Referente a las limitaciones de la presente investigación, se tuvo las condiciones climáticas durante el tiempo de extracción del material. Asimismo, el transporte y lugar de almacenamiento del suelo, ya que, el número de muestras producidas implicaban un volumen vasto. Por otro lado, la información limitada de la Norma E. 080 [1] con respecto a los adobes compactados y el ensayo de resistencia a flexión.

Se recomienda ampliar el campo de estudio de la presente tesis mediante la estabilización granulométrica del suelo estudiado y/o el uso de otros porcentajes de adición y combinación entre ellos.

IV. CONCLUSIONES

La hipótesis se cumple parcialmente, ya que, la resistencia a compresión sólo aumenta en más del 5% con respecto a la muestra patrón con los porcentajes de adición de 5% de yeso y 7.5% de cal, alcanzando el valor máximo con 5% de yeso lo que representa un incremento de 29.87%. Sin embargo, con el cemento disminuye significativamente en 66.22%, 55.65% y 57.33% para los porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5% respectivamente.

A partir de los ensayos realizados para precisar las propiedades físicas del suelo, se obtuvo que el contenido de humedad natural es de 14.48%, en el ensayo de análisis granulométrico por lavado el porcentaje que pasa el tamiz N.º 200 es de 62.06%, el Límite líquido es de 36.10% y el Límite plástico es de 21.29%. Es así que, el suelo extraído de la cantera "Cruz Blanca", empleado para la elaboración de adobes con la máquina Cinva RAM es una arcilla arenosa (CL).

La resistencia a compresión de la muestra patrón es de 32.44 kg/cm², para el cemento al 2.5%, 5% y 7.5% es de 10.96 kg/cm², 14.39 kg/cm² y 13.84 kg/cm² respectivamente. El yeso al 2.5%, 5% y 7.5% es de 25.49 kg/cm², 42.13 kg/cm² y 19.92 kg/cm² respectivamente. Finalmente, la cal en porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5% es de 31.87 kg/cm², 33.79 kg/cm² y 37.16 kg/cm² respectivamente. Concluyendo que, la muestra patrón y todos los porcentajes de adición de cemento, yeso y cal cumplen con los parámetros establecidos en la Norma E. 080 [1].

Referente a la resistencia a la flexión, todos los porcentajes con estabilizantes y la muestra patrón cumplen con la Norma E. 80 que indica una resistencia de 0.81 kg/cm². De tal manera se obtuvo que, la resistencia a flexión del yeso y cal en los tres porcentajes (2.5%, 5% y 7.5%) es mayor que la muestra patrón (4.54 kg/cm²). El yeso al 2.5%, 5% y 7.5% es de 6.77 kg/cm², 6.97 kg/cm² y 4.80 kg/cm² respectivamente. Asimismo, la cal al 2.5%, 5% y 7.5% es de 5.11 kg/cm², 6.15 kg/cm² y 5.06 kg/cm² respectivamente. Es necesario mencionar que, los especímenes que contienen cemento poseen resistencias menores a comparación de la muestra patrón, teniendo que para 2.5%, 5% y 7.5% de cemento la resistencia es de 1.90 kg/cm², 2.83 kg/cm² y 2.65 kg/cm² respectivamente; llegando a la conclusión que el cemento en los porcentajes mencionados tiene efectos adversos en el tipo de suelo estudiado.

REFERENCIAS

[1] *Diseño y Construcción con Tierra Reforzada*, E 080, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, 2017.

[2] *Bloques de Tierra Comprimida para Muros y Tabiques: definiciones, especificaciones y métodos de ensayo*, UNE 41410, AENOR, España, 2008.

[3] E. Bailón, R. I. Espinosa, y J. B. Acevedo, "Bloque de suelo estabilizado en pequeño formato y tecnología de colocación en obra en vivienda de interés social", *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 37, no. 1, pp. 105-127, 2019. Accedido: 9 dic. 2022. doi: <https://doi.org/10.14482/inde.37.1.624>. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-34612019000100105&lng=en&nrm=iso&tlng=es

[4] S. P. Cabrera, Y. G. Aranda, E. J. Suárez, y R. Rotondaro, "Bloques de Tierra Comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento, evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión", *Hábitat Sustentable*, vol. 10, no. 2, pp. 70-81, 2020. Accedido: 10 dic. 2022. doi: <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.02.05>. [En línea]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-07002020000200070

[5] K. Cáceres. "Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas—Económicas en Cajamarca", Trabajo de Licenciatura, Fac. Ingeniería Civil, Univ. UNC, Cajamarca, Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1002>

[6] P. Catalán, J. Y. Moreno, A. Galván, y R. Arroyo, "Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio", *Acta Universitaria*, vol. 29, pp. 1-13, 2017. Accedido: 07 dic. 2022. doi: <https://doi.org/10.15174.au.2019.1867>. [En línea]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/au/v29/2007-9621-au-29-e1861.pdf>

[7] L. Díaz. "El mejoramiento físico del adobe para fines constructivos", Tesis de maestría, Prog. de Maestría y Doctorado en Arquitectura, Univ. UNAM, México, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/177376>

[8] R. Hernández, *Metodología de la investigación*. 6ª. ed. México: McGraw-Hill, 2014.

[9] L. Rodríguez, "Ladrillos de adobe con melaza de caña de azúcar y yeso para mejorar la resistencia a la compresión en la ciudad de Cagua, Colombia", *Revista de la Construcción*, vol. 19, no. 3, pp. 358-365, 2020. Accedido: 09 dic. 2022. doi: <https://doi.org/10.7764/rdlc.19.3.358-365>. [En línea]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2020000300358&script=sci_abstract