

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe
estabilizados con cal al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2025**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Pérez Ramos, Soraida
Navarro Ramírez Maicol Kevin

Asesor:

Solar Jara, Miguel Angel
Código ORCID:0000 0002 8661 418X

CHIMBOTE – PERÚ

2025

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
PALABRAS CLAVE.....	iv
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD.....	v
TITULO	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	14
RESULTADOS.....	22
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	47
AGRADECIMIENTOS.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS Y APÉNDICES.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contenido de humedad natural del material base (ASTM D2216).....	22
Tabla 2: Análisis granulométrico del material base (ASTM D422).....	23
Tabla 3: Determinación del límite líquido y límite plástico del material base (ASTM D4318)	25
Tabla 4: Humedad del material fresco del laboratorio.	26
Tabla 5. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del material de adobe.	27
Tabla 6. Dosificación 0% CAL	28
Tabla 7. Dosificación 5% CAL	28
Tabla 8. Dosificación 10% CAL	29
Tabla 9. Dosificación 15% CAL	29
Tabla 10. Resumen de dosificación.....	29
Tabla 11. Compresión de unidades de adobe – patrón.....	30
Tabla 12. Compresión de unidades de adobe – experimental 5%.....	31
Tabla 13. Compresión de unidades de adobe – experimental 10%.....	32
Tabla 14. Compresión de unidades de adobe – experimental 15%.....	32
Tabla 15. Resumen de la resistencia a la compresión de las unidades de adobe	33
Tabla 16. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe (Norma E.080-2017).....	34
Tabla 17. Resumen de ensayo de compresión axial de pilas de adobe (Norma E.080-2017)	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva granulométrico del material base (ASTM D422)	24
Figura 2: Límite líquido y límite plástico del material base (ASTM D4318)	25
Figura 3. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del material de adobe.	27
Figura 4. Resumen de la resistencia a la compresión de las unidades de adobe	33
Figura 5. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe (Norma E.080-2017)	35

PALABRAS CLAVE

Resistencia a la Compresión del Adobe

KEY WORDS:

Compressive Strength of Adobe

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Línea de investigación:	Construcción y Gestión de la Construcción.
Área:	Ingeniería y Tecnología
Sub área:	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2025**" del (a) estudiante: **NAVARRO RAMIREZ MAICOL KEVIN**, identificado(a) con Código N° **1419100050**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **19%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 02 de diciembre de 2025

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2025**" del (a) estudiante: **PEREZ RAMOS SORAIDA**, identificado(a) con Código N° **1416200065**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **19%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 12 de diciembre de 2025

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

TITULO

**Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal
al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2025**

RESUMEN

La investigación planteó como objetivo general analizar la resistencia a la compresión de las unidades de adobe estabilizadas con cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%, comparándolas con el adobe patrón, Huaraz - 2025. La metodología fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y explicativa, con diseño experimental al manipular la variable independiente (porcentaje de cal) para medir su impacto en la resistencia mecánica. Se realizaron pruebas de caracterización del suelo, tales como granulometría, límites de consistencia, índice de plasticidad, y se elaboraron 36 especímenes en máquina CINVA-RAM, según la Norma Técnica Peruana E.080 y normas ASTM. Los resultados arrojaron que el valor promedio de resistencia del grupo sin estabilizar fue de 13.41 kg/cm², y los grupos estabilizados lograron 15.13 kg/cm² con 5% de cal, 17.10 kg/cm² con 10% y 19.72 kg/cm² con 15%. Además, todas las unidades producidas superaron el valor mínimo de 10 kg/cm² establecido en la Norma E.080, siendo aptas para fines estructurales en zonas sísmicas. En conclusión, la estabilización con cal en 5%, 10% y 15% es una alternativa para mejorar la resistencia mecánica del adobe, superando al material convencional y siendo una solución constructiva sostenible en la región de Huaraz.

ABSTRACT

The general objective of this research was to analyze the compressive strength of adobe units stabilized with lime at percentages of 5%, 10%, and 15%, comparing them to a standard adobe sample from Huaraz in 2025. The methodology employed a quantitative, applied, and explanatory approach, with an experimental design that manipulated the independent variable (percentage of lime) to measure its impact on mechanical strength. Soil characterization tests were performed, including particle size distribution, consistency limits, and plasticity index. Thirty-six specimens were produced using a CINVA-RAM machine, in accordance with Peruvian Technical Standard E.080 and ASTM standards. The results showed that the average strength of the unstabilized group was 13.41 kg/cm², while the stabilized groups achieved 15.13 kg/cm² with 5% lime, 17.10 kg/cm² with 10%, and 19.72 kg/cm² with 15%. Furthermore, all units produced exceeded the minimum value of 10 kg/cm² established in Standard E.080, making them suitable for structural applications in seismic zones. In conclusion, stabilization with lime at 5%, 10%, and 15% is an alternative for improving the mechanical strength of adobe, surpassing conventional materials and representing a sustainable construction solution in the Huaraz region.

INTRODUCCIÓN

En la revisión de antecedentes, se localizaron estudios que guardan relación con la temática abordada en esta investigación como Viera & Venegas (2023) en su investigación realizado en Ecuador, tuvieron como objetivo determinar las proporciones adecuadas para la elaboración de bloques de cangahua, un tipo de suelo característico de zonas con influencia volcánica, reconocido por su dureza y color amarillento. Este material fue empleado tradicionalmente en la construcción de viviendas en Ecuador, aunque su uso disminuyó con la aparición de mampuestos a base de arcilla y cemento. Mediante una metodología de diseño experimental, se establecieron las cantidades óptimas para la fabricación de bloques cuyas propiedades mecánicas cumplieron con los estándares establecidos en la normativa nacional e internacional para su aplicación en la construcción. Los resultados evidenciaron que la cangahua posee un potencial significativo como material constructivo, no solo para la restauración de edificaciones patrimoniales de tierra presentes en Ecuador, sino también como una alternativa sostenible y de baja energía incorporada para la construcción de muros en edificaciones nuevas.

Echeverría & Zambrano (2021) en su estudio realizado en Ecuador, tuvieron como objetivo aprovechar subproductos agroindustriales, como la cascarilla de arroz y el cuesco de la palma africana, con el fin de otorgarles un valor agregado mediante su uso en la fabricación de materiales de construcción sostenibles, específicamente adobes ecológicos. La metodología consistió en la recolección y procesamiento de estos subproductos para incorporarlos como adiciones puzolánicas en mezclas con cemento, evaluando sus efectos en las propiedades físicas y mecánicas del material resultante. Los resultados evidenciaron que la cascarilla de arroz, por su alto contenido de silicio, actúa como una excelente puzolana, mejorando la resistencia y durabilidad del adobe ecológico, mientras que el cuesco de palma africana, subproducto del proceso de extracción del aceite, también aportó beneficios similares en la mezcla. En conclusión, ambos subproductos demostraron ser alternativas viables y sostenibles para la producción de adobes ecológicos, contribuyendo tanto a la reducción del impacto ambiental

como al desarrollo de materiales de construcción más eficientes y amigables con el medio ambiente.

Lozano & Campos (2025) en su investigación realizado en Jaén, tuvieron como objetivo comparar las propiedades físicas y mecánicas de los adobes artesanales frente a los elaborados mediante compactación con el contenido óptimo de humedad. En cuanto a la metodología, se desarrolló un diseño experimental en el que se fabricaron 126 especímenes, evaluando 21 unidades por ensayo para cada tipo de adobe. Los resultados principales demostraron diferencias estadísticamente significativas: los adobes compactados presentaron una resistencia promedio a la compresión de 75.47 kg/cm² frente a 32.49 kg/cm² de los artesanales, además de una menor capacidad de succión (13.60–15.40 gr/min/200cm² frente a 18.13–22.46 gr/min/200cm²). Finalmente, se concluyó que los adobes elaborados por compactación optimizan sus propiedades físicas y mecánicas, ofreciendo mayor resistencia, estabilidad y durabilidad, sin presentar deformaciones ni variaciones dimensionales durante su proceso de fabricación.

Cruzatt & Herrera (2024) en su estudio realizado también en Jaén, tuvieron como objetivo mejorar la resistencia a la compresión del adobe mediante la adición de fibras de Polietileno Tereftalato (PET) y cal en la ciudad de Jaén durante el año 2023. La metodología empleada fue de tipo experimental, elaborándose especímenes de adobe convencional de 0.10 m x 0.10 m x 0.10 m con diferentes proporciones de PET y cal, los cuales fueron sometidos a ensayos de compresión a los 28 días. Los resultados mostraron que el suelo utilizado presentó un límite líquido de 29%, un límite plástico de 23% y un índice de plasticidad de 6, clasificándose como un suelo SM; las fibras PET tenían una longitud de 4 cm y un ancho de 0.5 cm, mientras que la cal fue del tipo hidratada. Las resistencias promedio obtenidas a los 28 días fueron de 12.45 kg/cm², 11.70 kg/cm², 13.88 kg/cm² y 15.55 kg/cm² para las mezclas con 0%, 1%, 2% y 3% de PET combinadas con 0%, 2%, 3% y 4% de cal, respectivamente. Se concluyó que la combinación de 3% de fibras PET y 4% de cal permitió alcanzar la mayor resistencia a la compresión, mejorando notablemente el desempeño estructural del adobe.

Toro (2024) su estudio realizado en Huancavelica, tuvo como objetivo determinar la influencia de la incorporación de viruta y caucho en las propiedades

físico-mecánicas del adobe en el Centro Poblado de Huanaspampa, Acoria, Huancavelica 2021. Se aplicó una metodología cuantitativa, aplicada, explicativa y cuasi experimental, considerando como tamaño muestral a 96 probetas y a la ficha de observación como instrumento. Los resultados indicaron que, hubo una mejora significativa en la resistencia a la flexión al añadir 3% de viruta y 5% de caucho, como solo 5% de caucho, con una media de 4.14 y 4.22 respectivamente, al comparar con el ensayo patrón, sin ninguna añadidura, con una media de 3.99. Asimismo, se logró optimizar la resistencia a la flexión al añadir 3% de viruta y 5% de caucho, como solo 5% de caucho. También, hubo una mejora significativa en la absorción de la humedad al añadir 5% de viruta, es decir con una media de 19.73. Esto, a comparación del ensayo patrón con una media de 18.67. Sin embargo, no hubo una mejora significativa en la succión al añadir viruta y caucho, ya que tuvo una mejora significativa en el ensayo patrón con una media de 40.95. Concluyendo que, la incorporación de viruta y caucho influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas del adobe en el Centro Poblado de Huanaspampa, Acoria, Huancavelica 2021(Sig. De ANOVA=0.000).

Zambrano (2024) en su investigación realizado en Cajamarca. tuvo como objetivo determinar la resistencia a la compresión y flexión de adobes compactados con la adición de 10%, 15% y 20% de cal, utilizando material procedente del caserío La Lucma – El Bado, distrito de Bambamarca. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se elaboraron 48 unidades de adobe compactado mediante la máquina Cinva RAM, las cuales fueron secadas durante 28 días antes de someterse a ensayos de compresión y flexión. Los resultados mostraron que las resistencias obtenidas en los adobes con adición de cal fueron, en su mayoría, inferiores a las del adobe patrón. En la resistencia a la compresión, la adición del 20% no superó los valores establecidos por la norma E.080, mientras que la resistencia promedio alcanzada fue de 27.16 kg/cm² para el 10%, 18.63 kg/cm² para el 15% y 16.20 kg/cm² para el 20%, frente a 24.35 kg/cm² del patrón. En cuanto a la resistencia a la flexión, los valores fueron de 26.61 kg/cm², 17.66 kg/cm² y 18.00 kg/cm², comparados con 20.22 kg/cm² del patrón. Se concluye que el incremento del porcentaje de cal no mejora las propiedades

mecánicas del adobe compactado, sino que tiende a disminuir la resistencia conforme aumenta la proporción de adición.

Alvarado, Marcelo & Aguilar (2024) en su estudio también realizado en Cajamarca, tuvieron como objetivo analizar 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%, utilizando material procedente de la cantera “Cruz Blanca” en Cajamarca, donde este tipo de suelo es comúnmente usado en construcciones locales. La metodología fue de enfoque cuantitativo y diseño experimental, elaborándose 160 unidades de adobe mediante la máquina CINVA RAM. Se realizaron ensayos de caracterización del suelo, Proctor modificado y pruebas de resistencia a la compresión axial y a la flexión. Los resultados evidenciaron que la resistencia a la compresión varía en función del tipo y porcentaje de estabilizante empleado. Las resistencias obtenidas fueron de 32.44 kg/cm² para la muestra patrón; para las adiciones con cemento, 10.96 kg/cm², 14.39 kg/cm² y 13.84 kg/cm²; para yeso, 25.49 kg/cm², 42.13 kg/cm² y 19.92 kg/cm²; y para cal, 31.87 kg/cm², 33.79 kg/cm² y 37.16 kg/cm², correspondientes a las proporciones de 2.5%, 5% y 7.5%, respectivamente. Todas las muestras superaron los valores mínimos exigidos por la Norma E.080. En conclusión, se determinó que las mezclas con 5% de yeso y 7.5% de cal presentaron los mejores resultados, validando parcialmente la hipótesis y demostrando que la adición controlada de estabilizantes mejora las propiedades físico-mecánicas del adobe compactado.

Velasquez (2023) en su investigación también realizado en Cajamarca, tuvo como objetivo determinar la variación de la resistencia a la compresión del adobe compactado sin adición (muestra patrón) y con la incorporación de piedra caliza triturada en proporciones de 2%, 3% y 4%, obtenida de la cantera Catagón, en la provincia de San Marcos. Se aplicó una metodología experimental que incluyó el estudio del suelo de la cantera Pariamarca – Cajamarca, realizando análisis de humedad, granulometría y límites de Atterberg para su clasificación, además del ensayo Proctor modificado para determinar el contenido óptimo de humedad. Se elaboraron 32 unidades de adobe utilizando la máquina CINVA RAM, las cuales fueron sometidas a pruebas de compresión. Los resultados indicaron que la adición de piedra caliza triturada mejoró las propiedades mecánicas del adobe,

incrementando la resistencia a la compresión hasta en un 28.59% respecto a la muestra patrón. Los valores obtenidos fueron de 24.21 kg/cm² para el adobe sin adición y de 28.06 kg/cm², 30.00 kg/cm² y 31.12 kg/cm² para las adiciones del 2%, 3% y 4%, respectivamente, todos ellos superiores al valor mínimo establecido por la Norma E.080. En conclusión, la incorporación del 4% de piedra caliza triturada optimizó significativamente la resistencia a la compresión de los adobes compactados, constituyéndose como la proporción más eficiente para mejorar su desempeño estructural.

Gonzales (2022) en su estudio realizado en Huancané, tuvo como objetivo mejorar la resistencia de los bloques de albañilería tradicional utilizados en viviendas rurales, mediante la estabilización con cemento, con el fin de incrementar su durabilidad y optimizar sus propiedades físico-mecánicas. La metodología fue de tipo descriptiva, transversal, prospectiva y analítica, con un nivel multivariado y un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados obtenidos evidenciaron un aumento progresivo en la resistencia a la compresión de los bloques estabilizados en un 52.44%, 70.05% y 124.99% respecto a los bloques tradicionales, alcanzando una resistencia máxima de 20.29 kg/cm². Además, se registró una reducción del 47.38% en la absorción de humedad, lo que favoreció la consistencia y durabilidad del material. En conclusión, se determinó que la adición de cemento en la fabricación de bloques de adobe mejoró de manera significativa sus propiedades físicas y mecánicas, aumentando su resistencia frente a la humedad, la erosión y la compresión, representando una alternativa viable y económica para la construcción de viviendas seguras en zonas rurales.

Ponce & Salas (2023) en su estudio realizado en Chimbote, tuvieron como objetivo analizar y evaluar si el adobe tradicional utilizado en las construcciones del distrito de Tarma mejoraba sus propiedades físicas y mecánicas mediante la adición de cemento en proporciones de 9%, 14% y 20%. El estudio fue de tipo aplicado con diseño experimental, empleando 11 unidades de adobe tradicional y 33 unidades de adobe estabilizado con cemento. Se realizaron ensayos de absorción, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. Los resultados mostraron valores de absorción de agua de 15.14%, 13.05% y 9.40% respectivamente; resistencias a la compresión de 11.9 kg/cm², 14.0 kg/cm² y 29.3 kg/cm²; y

resistencias a la flexión de 4.98 kg/cm², 6.14 kg/cm² y 8.24 kg/cm². En conclusión, el adobe estabilizado con cemento en las tres proporciones evaluadas presentó una notable mejora frente al adobe tradicional, mostrando menor absorción de agua y mayores resistencias a la compresión y flexión, lo que demuestra su viabilidad como material constructivo más durable y resistente para edificaciones en el distrito de Taucá.

El presente estudio se fundamentó de manera teórica en el entendimiento sobre el adobe, el cual es un material de construcción elaborado con una mezcla de tierra arcillosa, agua y, en ocasiones, fibras vegetales, moldeado en bloques y secado naturalmente al sol. Es considerado un material ecológico y económico, ampliamente utilizado en zonas rurales debido a su bajo costo y buena capacidad térmica (García & Moreno, 2021).

No obstante, sus propiedades mecánicas especialmente la resistencia a compresión y la durabilidad frente a la humedad dependen fuertemente de la naturaleza del suelo, la dosificación, el proceso de fabricación y el curado (Altamirano, 2018). En contextos sísmicos como Huaraz, estas limitaciones han motivado investigaciones centradas en mejorar la seguridad estructural de viviendas de adobe mediante estabilizantes locales.

Por otro lado, la cal es un material inorgánico obtenido a partir de la calcinación de la piedra caliza (carbonato de calcio), ampliamente utilizada en la estabilización de suelos y adobes para mejorar su durabilidad, resistencia y cohesión. Su adición permite una reacción pozolánica que incrementa las propiedades mecánicas del material (Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, 2020).

Por lo que la estabilización del adobe con cal (óxido/hidróxido de calcio) actúa por mecanismos físico-químicos: mejora la cohesión de partículas, reduce la plasticidad y, mediante reacciones de carbonatación o puzolánicas (en presencia de componentes silíceos), contribuye a la formación de compuestos cementantes que incrementan la rigidez y resistencia del material. Estudios recientes muestran que la eficacia de la cal depende de la dosificación, la finura del material y la reactividad del suelo (Doria & Orozco, 2022). Por ello, porcentajes moderados (p. ej. 5–15 %)

suelen evaluarse como rango operativo en ensayos experimentales para balancear mejora mecánica y trabajabilidad.

Mostrando el efecto de la estabilización sobre resistencia y comportamiento frente a humedad, lo demuestran numerosos trabajos de la última década han registrado incrementos de la resistencia a compresión al estabilizar adobes con cal, cemento u otros aditivos, aunque los resultados son sensibles al tipo de suelo y al control de procesos (Nina, 2023). Además, la adición de cal tiende a reducir la absorción de agua y la porosidad efectiva, lo cual mejora la durabilidad frente a ciclos húmedo-secos y reduce la susceptibilidad a deterioro por lluvia o filtraciones. Sin embargo, algunos estudios advierten que dosis excesivas o mezclas mal dosificadas pueden perjudicar la cohesión y generar retracción o fisuración (Altamirano, 2018).

Su sustentabilidad y apropiación local desde la perspectiva de la construcción para la mejora de materiales locales, muestran como el adobe estabilizado con cal, se alinea con objetivos de baja huella energética, el impulso a la economía local y la conservación del patrimonio arquitectónico tradicional. En contextos andinos peruanos, donde la disponibilidad de recursos naturales es alta y las condiciones socioeconómicas son un factor limitante, la estabilización del adobe con cal representa una alternativa técnica viable para incrementar la durabilidad y resistencia de las viviendas rurales. En este contexto la inclusión de cal en el proceso de estabilización mejora la cohesión del material, reduce su absorción de humedad y aumenta la capacidad de resistir la acción de agentes externos. Este enfoque facilita la transferencia de conocimientos a las comunidades, promoviendo prácticas constructivas resilientes ante riesgos naturales como sismos y precipitaciones (Mancilla, 2021).

En la actualidad el estado del conocimiento y vacíos aplicables a Huaraz muestra que, aunque existe evidencia sobre la capacidad de la cal para mejorar la resistencia del adobe en diversas localidades peruanas, persiste una brecha local: la respuesta específica del suelo y las condiciones climáticas de Huaraz como la altitud, humedad ambiental, régimen de secado, lo cuales no han sido ampliamente investigadas con los rangos de 5%, 10% y 15% que el presente estudio evaluó. Por ello, la base teórica apoya la hipótesis de que la cal puede incrementar la resistencia,

pero requiere verificación experimental en el contexto particular de Huanchac Huaraz (Nina, 2023).

El presente estudio también se fundamentó de manera metodológica en el entendimiento sobre el diseño experimental y control de variables. muchos estudios contemporáneos sobre adobes estabilizados han adoptado diseños experimentales controlados para comparar tratamientos (porcentaje de estabilizante) frente a una muestra patrón (no estabilizada). Este enfoque permite aislar el efecto del estabilizante sobre la variable respuesta (resistencia a compresión) y aplicar técnicas estadísticas (ANOVA, pruebas post-hoc) para determinar diferencias significativas entre grupos (Nina, 2023). En la práctica, se fabrican lotes de especímenes bajo condiciones controladas de dosificación, compactación y curado para garantizar comparabilidad.

Mientras que la preparación de especímenes y estándar de ensayo, la literatura recomienda la fabricación de especímenes reproducibles (por ejemplo, usando máquina CINVA-RAM o moldes normalizados), curado por periodos representativos (28 días es estándar en investigaciones) y ensayos de resistencia a compresión conforme a normas nacionales o internacionales (Norma E.080 en Perú). Estas prácticas permiten comparar resultados entre estudios y establecer cumplimiento con requisitos técnicos mínimos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

Por otro lado, los principales indicadores y pruebas relevantes metodológicos en la evaluación del adobe estabilizado son: resistencia a compresión axial (kg/cm^2), absorción de agua (%) y, opcionalmente, succión o velocidad de absorción ($\text{gr/min}/200 \text{ cm}^2$). Ensayos complementarios (granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado para determinar humedad óptima) son recomendados para caracterizar el suelo base y entender su interacción con la cal (González, 2020). La combinación de caracterización geotécnica y ensayos mecánicos permite interpretar adecuadamente la eficacia del estabilizante.

Asimismo, el análisis estadístico de los estudios actuales, utilizan análisis de varianza (ANOVA) para comparar medias entre tratamientos y pruebas post-hoc para identificar qué porcentajes difieren significativamente; adicionalmente, se reportan medias, desviaciones estándar y, cuando corresponde, intervalos de

confianza para facilitar la interpretación. El uso de software estadístico (SPSS, R o similar) es recomendado para asegurar rigor en el análisis (Nina, 2023).

Así también la validez y reproducibilidad experimental se garantiza registrando detalladamente el origen del suelo, la dosificación, el método de compactación, condiciones de secado (temperatura y humedad relativa), y los procedimientos de ensayo. Autores recientes subrayan la importancia de publicar protocolos completos para que los resultados sean comparables y aplicables a contextos locales (Doria & Orozco, 2022).

La investigación se justificó teóricamente porque permitió analizar cómo la adición de cal modificó las propiedades físicas y mecánicas del adobe, aportando bases conceptuales sobre su estabilización y resistencia estructural. La justificación práctica del estudio radicó en la necesidad de mejorar la durabilidad y capacidad portante del adobe tradicional en una zona sísmica como Huaraz, donde la cal favoreció la cohesión del material y redujo su vulnerabilidad frente a la humedad. La justificación social se sustentó en la contribución del estudio al bienestar de las familias que habitan en viviendas de adobe, promoviendo el uso de técnicas sostenibles y accesibles que fortalecieron la seguridad y conservaron las prácticas constructivas ancestrales. La justificación metodológica residió en la aplicación de un enfoque experimental controlado, que permitió comparar el comportamiento del adobe con diferentes porcentajes de cal y obtener resultados válidos y reproducibles para futuras investigaciones. Finalmente, la justificación científica de la investigación se basó en su aporte al conocimiento sobre el comportamiento del adobe estabilizado con cal, generando evidencia útil para el desarrollo de materiales de construcción más resistentes, sostenibles y adecuados a las condiciones geográficas de Huaraz.

El problema del estudio describe la situación que enfrentó el Centro Poblado de Huanchac, en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, donde las unidades de adobe, por ser materiales de bajo costo y fácil acceso, fueron ampliamente utilizadas en la construcción de viviendas. La mayoría de estas unidades se elaboraron de forma artesanal y empírica, en el mismo lugar de construcción o en pequeñas productoras improvisadas, sin un control adecuado de calidad en la selección del suelo, el proceso de moldeado ni el curado del material.

Esta práctica originó edificaciones con baja resistencia estructural y alta vulnerabilidad frente a los fenómenos naturales que afectan con frecuencia la zona, como los sismos, las lluvias intensas y las inundaciones. La falta de estabilización del adobe y la ausencia de técnicas de mejoramiento del material incrementaron el riesgo de colapso y deterioro acelerado por la humedad, comprometiendo la seguridad de las familias que habitan en dichas viviendas. Esta problemática evidenció la necesidad de aplicar procedimientos técnicos que permitan mejorar las propiedades del adobe, garantizando su durabilidad y estabilidad estructural frente a las condiciones geográficas y climáticas de Huaraz (Cáceres, 2022).

En estudios realizados en diferentes regiones del Perú, se evidenció que los adobes tradicionales presentaron resistencias a la compresión muy por debajo de los valores mínimos recomendados por la Norma Técnica E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones ($\geq 10 \text{ kg/cm}^2$). Por ejemplo, Altamirano (2018) reportó que los adobes sin estabilización en Cajamarca alcanzaron resistencias promedio de 4.8 kg/cm^2 , mientras que al añadir cal al 10% aumentaron a 8.6 kg/cm^2 . Resultados similares se observaron en la investigación de González (2020) donde la incorporación de cal y un control de curado mejoraron significativamente las propiedades mecánicas del adobe. Estos hallazgos evidenciaron el potencial de la cal como agente estabilizador, aunque su efectividad dependió del tipo de suelo, del porcentaje de adición y de las condiciones ambientales del secado.

Las posibles causas que afectaron el bajo desempeño de las unidades de adobe del Centro Poblado de Huanchac se explicó por varios factores. Entre ellos, el uso de suelos con alto contenido de limo o arcilla expansiva, la ausencia de estabilizantes como la cal o el cemento, la deficiente compactación durante el moldeado y los procesos de secado acelerado sin control de humedad. Los adobes elaborados con suelos tipo SM o MH presentaron baja resistencia y fisuras tempranas. Asimismo, la falta de capacitación técnica en la elaboración de estos materiales influyó directamente en la durabilidad y seguridad de las viviendas (Cáceres, 2022).

La ausencia de intervención técnica en la elaboración del adobe tradicional generó consecuencias sociales y estructurales en las comunidades rurales del distrito de Independencia Huaraz, donde muchas viviendas confeccionadas de

forma artesanal presentaron deterioros progresivos ante lluvias intensas y eventos sísmicos de moderada magnitud. La vivienda elaborada sin control de calidad en la selección del suelo, moldeado y curado, exhibieron grietas, desprendimientos parciales y colapsos localizados, lo que implicó pérdida de bienes materiales y elevada exposición al riesgo para las familias. Además, la falta de estabilización (por ejemplo, con cal) limita la resistencia a la compresión y la durabilidad de las unidades de adobe, evidenciando la necesidad de intervenciones técnicas y de transferencia tecnológica para reducir la vulnerabilidad habitacional en la zona (Salamanca & Santiago, 2023).

Una alternativa técnica viable fue la estabilización del adobe mediante la adición de cal en proporciones del 5%, 10% y 15%, con un control adecuado del curado y la compactación. Este procedimiento, según los estudios de Altamirano (2018) y González (2020) incrementó la resistencia a la compresión hasta en un 60%, redujo la absorción de agua y mejoró la cohesión del material. Su aplicación en el contexto de Huanchac permitió disponer de un material de construcción más resistente, económico y sostenible, contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad estructural y al mejoramiento de las condiciones de vivienda en la zona.

El estudio evidenció que en la ciudad de Huaraz el adobe fue un material ampliamente utilizado en la construcción de viviendas rurales y urbanas por su bajo costo y fácil disponibilidad. No obstante, la mayoría de estas edificaciones se realizaron sin control técnico en la selección del suelo ni en el proceso de elaboración, lo que originó estructuras con baja resistencia y alta vulnerabilidad frente a fenómenos naturales como sismos, lluvias intensas y deslizamientos. La falta de capacitación técnica y la ausencia de estabilización con materiales mejoradores, como la cal, incrementaron el deterioro del adobe y comprometieron la seguridad de las viviendas. Ante esta problemática, se consideró necesario analizar el comportamiento mecánico del adobe estabilizado con distintos porcentajes de cal, con el propósito de determinar la proporción más adecuada que mejore su resistencia y durabilidad frente a las condiciones geográficas y climáticas de Huaraz. Después de describir la problemática que enfrentó la zona en estudio, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el resultado de los ensayos

de resistencia a la compresión de las unidades de adobe estabilizadas con cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%, comparándolas con el adobe patrón, Huaraz - 2025?

También se describió la conceptualización y operacionalización de las variables consideradas en la investigación. La variable independiente, denominada porcentaje de cal, se entendió como la proporción de cal aérea o hidráulica, expresada en porcentaje respecto al peso total del suelo base, que se añadió al adobe para inducir reacciones químicas que generan compuestos cementantes y mejoran sus propiedades físicas y mecánicas, principalmente aumentando su resistencia a la compresión y su durabilidad (Mintek, 2024). De manera operacional, esta variable se aplicó considerando proporciones de cal del 0%, 5%, 10% y 15%, medidas en función del peso seco del material durante la elaboración de las unidades de adobe y registradas de forma cuantitativa continua. La variable dependiente, denominada resistencia a la compresión, se definió como la capacidad máxima de un material, como el adobe, para soportar fuerzas axiales que buscan reducir su tamaño o volumen sin fracturarse ni deformarse de manera permanente; este parámetro permitió evaluar su comportamiento estructural ante cargas verticales (Laouidji et al., 2025). En su definición operacional, la resistencia a la compresión se midió mediante ensayos de compresión uniaxial realizados en laboratorio, aplicando una carga axial hasta la falla de las unidades, cuyos resultados se expresaron en megapascuales (MPa) para comparar el desempeño entre el adobe patrón y los adobes estabilizados con diferentes porcentajes de cal.

Se planteó la hipótesis: La incorporación de cal en proporciones del 5%, 10% y 15% en las unidades de adobe produce un incremento significativo en la resistencia a compresión respecto al adobe patrón.

Los objetivos del estudio son los siguientes: el objetivo general consistió en analizar la resistencia a la compresión de las unidades de adobe estabilizadas con cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%, comparándolas con el adobe patrón, Huaraz - 2025. Para alcanzar este objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos: determinar las propiedades físicas y mecánicas del material base utilizado en la elaboración de los adobes; elaborar las unidades de adobe patrón y aquellas estabilizadas con cal en proporciones de 5%, 10% y 15%; y evaluar la

resistencia a la compresión de las unidades experimentales, estableciendo una comparación con el comportamiento del adobe patrón.

METODOLOGÍA

La investigación empleó un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, explicativo y de diseño experimental, al manipular el porcentaje de cal en las mezclas de adobe para analizar su efecto en la resistencia a la compresión.

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo, ya que este enfoque permite analizar datos numéricos con el propósito de identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables. Este enfoque facilita la verificación de hipótesis y teorías mediante procedimientos estadísticos, posibilitando una comprensión objetiva de los fenómenos estudiados. Los resultados se presentan de manera numérica y mediante tablas que apoyan su interpretación (Santander, 2021).

El estudio que aquí se presenta adopta un enfoque aplicado, pues persigue responder a un problema concreto de la industria de la construcción: mejorar la resistencia mecánica de unidades de adobe mediante estabilización con cal. Según Navarro (2023) la investigación aplicada busca encontrar soluciones para dificultades prácticas específicas de organizaciones o comunidades. En consecuencia, este trabajo se orienta a comparar experimentalmente diferentes proporciones de cal (5%, 10% y 15%) respecto a un grupo control sin estabilizar, con el fin de obtener evidencias cuantitativas que faciliten decisiones de diseño en adobe estabilizado.

La investigación fue de tipo explicativo porque buscó comprender las causas y los factores que influyeron en la variación de la resistencia a la compresión del adobe al ser estabilizado con diferentes porcentajes de cal. Según Muguira (2018) la investigación de tipo explicativo se constituye como el enfoque metodológico más profundo, cuyo propósito es ir más allá de la simple observación o descripción de los hechos. Su finalidad radica en esclarecer las relaciones de causa y efecto entre las variables de estudio, permitiendo comprender el porqué de los fenómenos observados y las condiciones que los originan o modifican.

El diseño fue experimental, dado que se establecieron condiciones controladas para analizar el efecto de la variable independiente el porcentaje de cal sobre la variable dependiente la resistencia a la compresión. En este diseño, se manipularon deliberadamente los porcentajes de cal (5%, 10% y 15%) aplicados a

las unidades de adobe, con el propósito de observar los cambios producidos en su comportamiento mecánico bajo condiciones controladas de laboratorio. De esta manera, se pudo determinar la relación causal entre ambas variables (Arias, 2021).

Población

La población se entiende como el conjunto total de elementos que poseen características comunes y se encuentran dentro de un contexto determinado. Sin embargo, en la práctica, resulta difícil estudiar a toda la población debido a limitaciones de tiempo y recursos (Arispe et al., 2020).

En este estudio, la población estuvo conformada por 36 unidades de adobe tradicionales y por unidades de adobe estabilizadas con diferentes proporciones de cal apagada, todas elaboradas por el propio investigador.

La Norma Técnica Peruana E-080 establece que deben emplearse al menos seis especímenes por cada tipo de ensayo, tanto para las unidades de adobe tradicional como para las unidades de adobe estabilizadas con cal apagada en proporciones de 5%, 10% y 15%, conformando así un total de 36 especímenes en la investigación.

Muestra

La muestra se entiende como una parte representativa de la población de estudio, seleccionada para la recolección de datos, lo que permite optimizar tiempo y recursos sin comprometer la validez de los resultados. Cuando se elige adecuadamente, una muestra puede reflejar con precisión las características de la población y contribuir a la confiabilidad del estudio (Arispe et al., 2020).

En esta investigación, la muestra coincidió con el total de la población, conformada por 36 especímenes: 9 unidades de adobe tradicional (0% de cal) y 27 unidades de adobe estabilizadas con cal apagada en proporciones de 5%, 10% y 15%.

De acuerdo con Arispe et al. (2020) el muestreo no probabilístico se caracteriza por no seguir los principios de la probabilidad, sino por basarse en criterios definidos por el investigador, lo que permite seleccionar los elementos de estudio de manera intencional según las necesidades del proyecto.

En este estudio, el método de muestreo fue no probabilístico, dado que la muestra coincidió numéricamente con la población total. Los especímenes no

fueron seleccionados al azar, sino que se eligieron conforme a criterios específicos relacionados con la proporción de cal apagada incorporada en las unidades de adobe: 0%, 5%, 10% y 15%.

La muestra del estudio estuvo conformada por 36 unidades de adobe elaboradas con diferentes proporciones de cal apagada para evaluar su resistencia a la compresión. De estas, 9 unidades correspondieron al adobe tradicional, es decir, sin adición de cal (0%), mientras que las 27 unidades restantes fueron adobes estabilizados con cal apagada en proporciones de 5%, 10% y 15%, con 9 especímenes por cada porcentaje. Esta distribución permitió comparar el comportamiento mecánico de los adobes tradicionales frente a aquellos modificados con distintos niveles de estabilización con cal.

Técnicas e instrumentos de Investigación

Técnicas

De acuerdo con Arispe et al. (2020) las técnicas de investigación constituyeron un conjunto de acciones y actividades que el investigador llevó a cabo con el propósito de recopilar información relevante para alcanzar los objetivos del estudio y, en consecuencia, contrastar la hipótesis planteada. Este proceso implicó la utilización de fuentes de datos pertinentes, la aplicación de métodos adecuados de recopilación y la ejecución de un plan sistemático de análisis de la información obtenida.

Dentro de este marco, se emplearon dos técnicas principales: la experimentación en laboratorio y la observación sistemática. La técnica experimental se aplicó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro, donde se llevaron a cabo los ensayos de granulometría, límites de consistencia, índice de plasticidad y resistencia a la compresión. Cada procedimiento se realizó siguiendo las normas ASTM y MTC correspondientes, lo que garantizó la validez técnica de los resultados. Por su parte, la observación sistemática permitió registrar, de manera controlada y detallada, el comportamiento de las mezclas durante su elaboración, curado y prueba, a fin de asegurar uniformidad en las condiciones de análisis y reducir posibles errores experimentales.

Asimismo, la técnica experimental permitió controlar las variables externas tales como la humedad, el tiempo de secado y la compactación del material. Este control fue esencial para determinar con precisión la influencia de la cal sobre las propiedades físicas y mecánicas del adobe, fortaleciendo así la objetividad del estudio y su reproducibilidad científica.

Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se efectuó mediante la experimentación directa en laboratorio, donde se registraron los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados sobre las muestras de adobe. En primer lugar, se procedió a la selección y preparación del suelo extraído del sector Huanchac, en la ciudad de Huaraz. Este material fue secado, desmenuzado y tamizado para eliminar impurezas, garantizando una textura homogénea adecuada para la elaboración de las unidades de adobe.

Posteriormente, se realizaron ensayos de caracterización del suelo, como el análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422) y la determinación de los límites líquido y plástico (MTC E-110 y MTC E-111), con el propósito de conocer las propiedades físicas del material base. Luego, se elaboraron las mezclas con tres porcentajes de cal (5%, 10% y 15%) y una muestra patrón sin adición, siguiendo una dosificación controlada para cada grupo. Estas mezclas fueron moldeadas en la máquina CINVA-RAM, que permitió obtener unidades compactadas con dimensiones y densidad uniformes.

Después de su fabricación, las muestras fueron sometidas a un proceso de curado natural durante 30 días, asegurando la estabilidad del material antes de las pruebas mecánicas. Finalmente, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión, conforme a los procedimientos técnicos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.080, registrándose los valores de carga máxima hasta la rotura. Todos los datos fueron consignados en fichas de registro para su análisis comparativo y estadístico.

Instrumentos de investigación

Según Arispe et al. (2020) los instrumentos de investigación fueron los medios que posibilitaron la aplicación efectiva de las técnicas seleccionadas, elaborados con la debida pertinencia y en función de las variables e indicadores definidos en el estudio. Estos instrumentos se diseñaron considerando la necesidad

de garantizar su validez, tanto en contenido como en constructo, y su confiabilidad, la cual se estimó aplicando pruebas a un porcentaje representativo aproximadamente el 10% de la población o muestra con el fin de comprobar la consistencia de los datos obtenidos.

Para el desarrollo de la investigación se emplearon diversos instrumentos técnicos y de medición que permitieron garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. Entre los principales instrumentos utilizados destacan la máquina CINVA-RAM, empleada para la compactación uniforme de las unidades de adobe, y la prensa de compresión hidráulica, utilizada para determinar la resistencia a la carga axial de las probetas elaboradas.

Asimismo, se emplearon tamices normalizados ASTM para el análisis granulométrico, permitiendo clasificar el suelo según el tamaño de las partículas retenidas y pasantes. Se usaron también balanzas electrónicas de precisión para la medición exacta del peso seco y húmedo de las muestras, y un horno de secado destinado a la determinación del contenido de humedad de los materiales. Para los ensayos de límites de consistencia, se utilizó el dispositivo de Casagrande, así como espátulas, placas de vidrio y cápsulas metálicas, instrumentos indispensables para obtener datos reproducibles.

Finalmente, en el aspecto documental se usó un instrumento llamado ficha de registro para ensayos y resultados experimentales en laboratorio. Esto sirvió para anotar las mediciones, resultados y observaciones de cada ensayo, permitiendo sistematizar la información de manera ordenada y verificable. El uso adecuado de este instrumento garantizó la validez de los datos experimentales y la fidelidad de los resultados en el análisis de la resistencia a la compresión de las unidades de adobe estabilizadas con cal.

La validez del instrumento

Según Arispe et al. (2020) los instrumentos empleados en una investigación debían someterse a procesos de validez y confiabilidad, con el propósito de garantizar la precisión y la consistencia de los resultados obtenidos.

En el presente estudio, se elaboró una ficha de registro de recolección de datos que fue sometida al proceso de validación por parte de expertos en el área de ingeniería civil, quienes analizaron los ítems y verificaron su pertinencia, claridad

y coherencia con los indicadores definidos en la investigación. Este procedimiento permitió asegurar que el instrumento midiera con precisión las variables planteadas y respondiera a los objetivos del trabajo.

Respecto a la confiabilidad, se garantizó mediante la verificación y aprobación del instrumento por 3 ingenieros especialistas del laboratorio donde se efectuaron los ensayos experimentales. Las fichas de registro y los formatos empleados contaron con las firmas y sellos oficiales de los profesionales responsables, lo que respaldó la autenticidad, consistencia y fiabilidad de los datos obtenidos durante el proceso de investigación.

Procesamiento y análisis de la información

Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se realizó de manera ordenada y sistemática, siguiendo una secuencia que permitió garantizar la validez y confiabilidad de los datos experimentales obtenidos en laboratorio. Este proceso comprendió la organización, tabulación y análisis de los resultados de los ensayos físicos y mecánicos aplicados a las muestras de adobe con diferentes porcentajes de cal, así como la comparación con la muestra patrón. Los datos fueron agrupados y evaluados para determinar la incidencia de la cal en la resistencia a la compresión de las unidades elaboradas.

Para obtener el objetivo 1: Se procesaron los resultados de los ensayos de granulometría por tamizado (ASTM D422), límites de consistencia (MTC E-110, MTC E-111) y contenido de humedad natural, a fin de clasificar el tipo de suelo empleado en la investigación según el sistema SUCS y AASHTO. Para ello, se organizaron los datos en tablas y gráficos que permitieron visualizar la distribución de partículas y el grado de plasticidad del material. Este procesamiento fue esencial para establecer si el suelo poseía las características adecuadas para la fabricación de unidades de adobe estabilizado con cal.

Para obtener el objetivo 2: Se procesó la información correspondiente a las mezclas elaboradas con 5%, 10% y 15% de cal, incluyendo los registros de peso, humedad y densidad de cada muestra. Se emplearon hojas de cálculo para ordenar los datos obtenidos durante el moldeado y curado de las unidades, asegurando uniformidad en las condiciones experimentales. La información procesada permitió

verificar que las proporciones de cal se aplicaron correctamente y que las probetas cumplieran con los estándares de tamaño y compactación exigidos para los ensayos mecánicos.

Para obtener el objetivo 3: Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión fueron organizados en tablas y comparados entre las distintas proporciones de cal y la muestra patrón. Se calcularon los promedios de carga máxima soportada (en kg/cm^2) para cada grupo, utilizando procedimientos estadísticos descriptivos que facilitaron la comparación y el análisis de tendencias. El procesamiento incluyó además la elaboración de gráficos comparativos que mostraron el comportamiento de la resistencia en función del porcentaje de cal adicionado, evidenciando los valores más favorables y las variaciones observadas en los diferentes tratamientos.

Análisis de la información

El análisis de la información se efectuó aplicando el método comparativo y estadístico, con el propósito de establecer relaciones claras entre las variables estudiadas. Los datos procesados fueron examinados mediante un análisis descriptivo, interpretando los resultados de cada ensayo en función de los objetivos planteados. De esta forma, se evaluó la correspondencia entre las propiedades físicas del suelo y el comportamiento mecánico de las unidades de adobe elaboradas con distintos porcentajes de cal.

En primer lugar, se analizaron los resultados de los ensayos de granulometría y límites de consistencia, los cuales permitieron determinar que el suelo utilizado.

Posteriormente, en los ensayos de resistencia a la compresión, se compararon los valores promedio obtenidos para los diferentes porcentajes de cal (5%, 10% y 15%) respecto a la muestra patrón.

Los resultados obtenidos fueron contrastados con los valores mínimos exigidos por la Norma Técnica Peruana E.080, verificando la viabilidad de las unidades estabilizadas para su uso en construcción. En conjunto, el análisis de la información permitió comprobar la pertinencia de los procedimientos experimentales aplicados y evaluar la influencia de la cal en la resistencia a la

compresión de las unidades de adobe, cumpliendo con los objetivos planteados en la investigación.

RESULTADOS

Primer objetivo específico: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material base utilizado en la elaboración de los adobes.

Tabla 1

Contenido de humedad natural del material base (ASTM D2216)

Ensayo N° / Variable	M-1	M-2
Peso de tara + MH	815.6	842.1
Peso de tara + MS	796	821.9
Peso de tara	206	198.3
Peso del agua	19.6	20.2
MS	590	623.6
Contenido de humedad (%)	3.32	3.24
Promedio (%)	3.28	

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

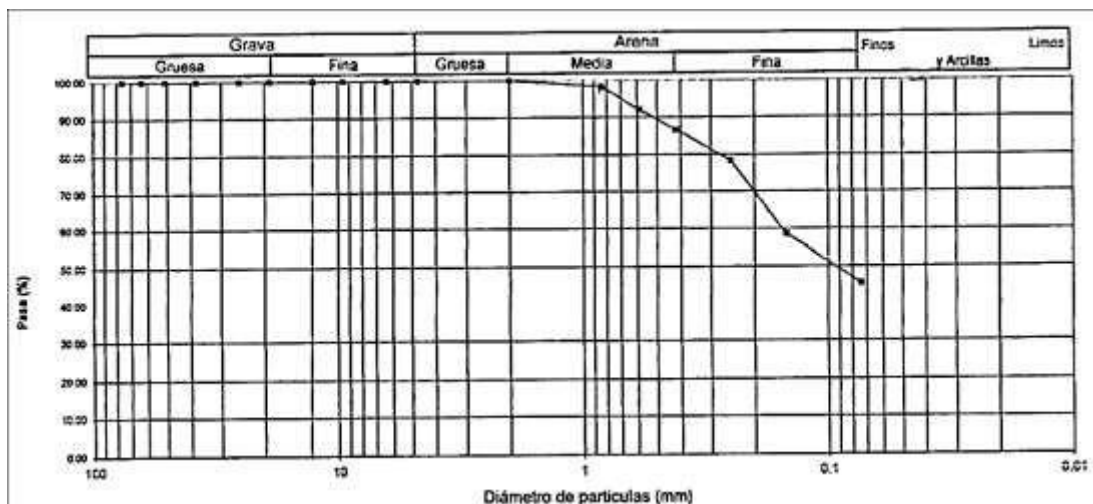
La Tabla 1 muestra los resultados de dos ensayos para determinar el contenido de humedad natural del suelo, obteniéndose valores muy similares de 3.32% en la muestra M-1 y 3.24% en la muestra M-2, lo que da un promedio general de 3.28%. Esta baja humedad indica que el material se encontraba prácticamente seco al momento del muestreo, ya que el peso del agua en cada ensayo fue mínimo (19.6 y 20.2) en comparación con el peso del suelo seco (590 y 623.6). La consistencia entre ambos resultados evidencia una adecuada representatividad de la muestra y confirma que el suelo no contenía humedad significativa, lo cual es favorable para controlar mejor sus propiedades durante los ensayos de laboratorio y para el diseño de mezclas como las utilizadas en la producción de adobes.

Tabla 2*Análisis granulométrico del material base (ASTM D422) Tamiz*

(Abertura)		Peso	Retenido	Retenido	Pasante
Nº	(mm)	retenido	Parcial	Acumulado	(%)
		(gr.)	(%)	(%)	
2 1/4"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	22.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.300	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	0.850	15.20	1.80	1.80	98.20
Nº 30	0.600	51.20	6.00	7.80	92.20
Nº 40	0.425	46.20	5.40	13.30	86.70
Nº 60	0.250	70.20	8.30	21.50	78.50
Nº 100	0.150	169.20	19.90	41.50	58.50
Nº 200	0.075	110.00	13.00	54.40	45.60
< 200		386.80	45.60	100.00	0.00
Total		848.80			1000

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material, base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

Figura 1
Curva granulométrico del material base (ASTM D422)



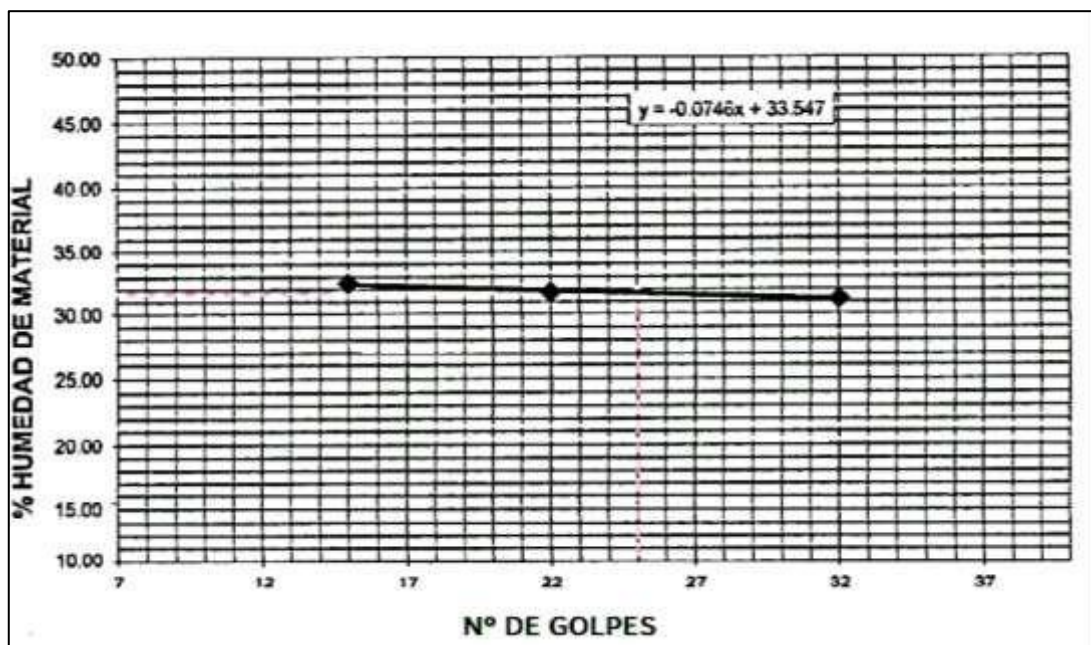
Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la tabla 2.

La Tabla 2 y figura 1, muestran que el material base posee un 45.6 % de finos que pasan el tamiz N° 200, mientras que los tamices gruesos desde 2 ¼ hasta el N° 10 presentan 0 g de retenido, confirmando la ausencia total de partículas grandes. Los retenidos más significativos se encuentran en los tamices N° 100 (19.9%) y N° 200 (13.0%), evidenciando que el suelo está compuesto principalmente por partículas finas y muy finas. Este comportamiento granulométrico indica que el material es de textura fina, con características propias de suelos limo–arcillosos, lo cual favorece la cohesión necesaria para la elaboración de adobes. Esta información es importante porque un porcentaje de finos cercano al 50 % mejora la moldeabilidad y la compactación del barro. Por lo tanto, el material base es predominantemente fino y adecuado para la fabricación de adobes debido a su alto contenido de partículas menores al N°200 (45.6%), que garantizan cohesión y buena trabajabilidad.

Tabla 3*Determinación del límite líquido y límite plástico del material base (ASTM D4318)*

Nro. de ensayo / Variable	Límite líquido			Límite plástico		
	1	2	3	1	2	3
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	45.30	40.80	45.30	22.60	23.40	22.20
Peso tara + suelo seco (gr.)	38.90	35.40	38.70	22.30	22.90	21.80
Peso de la tara (gr.)	18.40	18.40	18.40	18.60	18.30	17.80
Peso del agua (gr.)	6.40	5.40	6.60	0.30	0.50	0.40
Peso suelo seco (gr.)	20.50	17.00	20.30	4.30	4.60	4.00
Contenido de humedad (%)	31.22	31.76	32.51	9.30	10.87	10.00
Nº. De golpes (LL) / promedio (LP)	32	22	15	10.06		

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material, base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

Figura 2*Límite líquido y límite plástico del material base (ASTM D4318)*

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la tabla 3.

La Tabla 3 y figura 2, muestran que los tres ensayos del Límite Líquido presentan contenidos de humedad de 31.22 %, 31.76 % y 32.51 %, valores muy cercanos entre sí, lo que evidencia repetibilidad y confiabilidad en los datos. Además, el número de golpes registrado (32, 22 y 15) confirma que estos contenidos corresponden a la

condición estándar requerida para determinar el límite líquido. Por otro lado, los ensayos del Límite Plástico presentan humedades más bajas: 9.30 %, 10.87 % y 10.00%, propias de un suelo que adquiere plasticidad con poca presencia de agua. La diferencia marcada entre el límite líquido ($\approx 32\%$) y el límite plástico ($\approx 10\%$) indica que el material tiene un Índice de Plasticidad aproximado de 22%, lo que clasifica al suelo como moderadamente plástico. Este comportamiento es típico de suelos finos, especialmente arcillo-limosos, que muestran buena cohesión y moldeabilidad, cualidades fundamentales para la preparación de mezclas utilizadas en la fabricación de adobes.

Segundo objetivo específico: Elaborar las unidades de adobe patrón y aquellas estabilizadas con cal en proporciones de 5%, 10% y 15%.

Tabla 4

Humedad del material fresco del laboratorio

Ensayo N°.	M-1	M-2
Peso de tara + MH	504.00	567.10
Peso de tara + MS	495.50	557.10
Peso de tara	167.70	202.00
Peso del agua	8.50	10.00
MS	327.80	355.10
Contenido de humedad (%)	2.59	2.82
Promedio	2.70	

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

La Tabla 4 muestra el contenido de humedad del material de adobe en estado fresco para las muestras M-1 y M-2, obteniéndose valores de 2.59% y 2.82%, respectivamente, con un promedio general de 2.70%. Estos resultados indican que el material utilizado para la elaboración de las unidades de adobe presentaba un nivel de humedad bajo pero uniforme, condición adecuada para asegurar una compactación eficiente dentro del molde sin generar exceso de agua que pudiera provocar deformaciones o retracciones durante el secado. Esta humedad controlada garantiza la trabajabilidad necesaria en el proceso de fabricación de adobes con un

comportamiento homogéneo, aspecto fundamental para la validez del estudio experimental.

Tabla 5

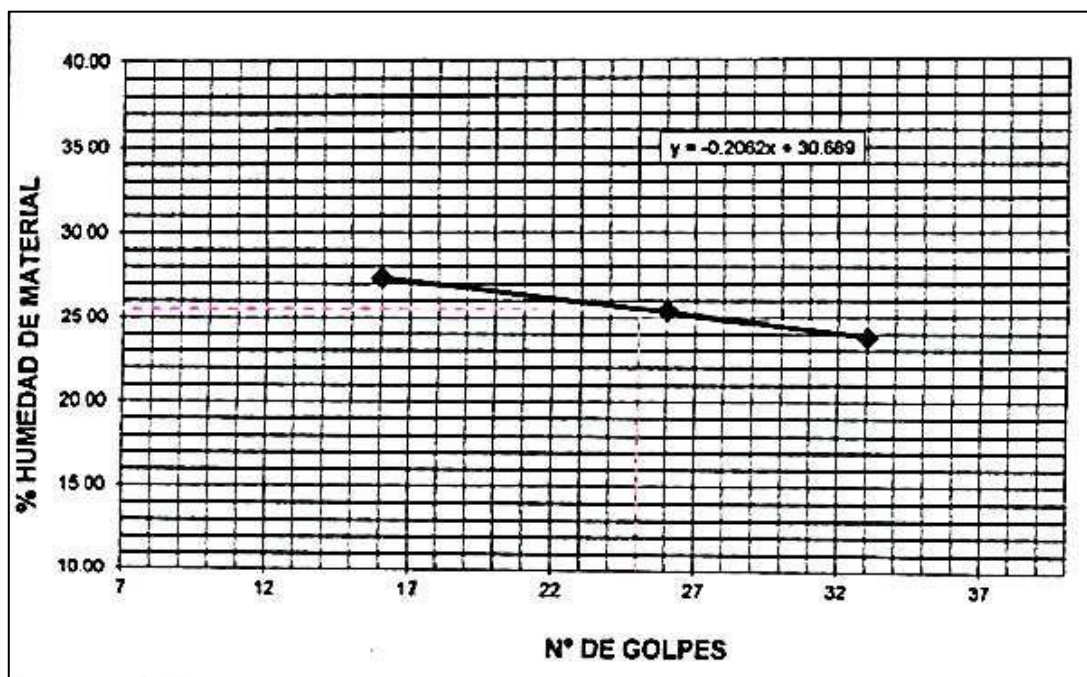
Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del material de adobe

N°. de ensayo	Límite líquido			Límite plástico		
	1	2	3	1	2	3
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	56.22	55.40	52.90	23.56	22.80	26.80
Peso tara + suelo seco (gr.)	48.94	48.01	45.60	22.86	22.23	26.17
Peso de la tara (gr.)	18.37	18.97	18.90	18.10	18.30	21.90
Peso del agua (gr.)	7.28	7.39	7.30	0.70	0.57	0.63
Peso suelo seco (gr.)	30.57	29.04	26.70	4.76	3.93	4.27
Contenido de humedad (%)	23.81	25.45	27.34	14.71	14.50	14.75
N°. De golpes (LL) / Promedio (LP)	33	26	16	14.65		

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

Figura 3

Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del material de adobe



Fuente: Elaboración propia en base a la tabla 6

La Tabla 5 y figura 3, presentan los resultados del ensayo de límite líquido y límite plástico del material de adobe, obtenidos a partir de tres determinaciones para cada propiedad. En el caso del límite líquido, los contenidos de humedad registrados fluctuaron entre 23.81% y 27.34%, con números de golpes de 33, 26 y 16, evidenciando una tendencia decreciente de humedad conforme aumenta la energía aplicada, tal como establece la metodología ASTM D4318 para la construcción de la curva de fluidez. Para el límite plástico, los valores de humedad oscilaron entre 14.50% y 14.75%, mostrando coherencia y mínima dispersión entre los tres ensayos, lo que indica un comportamiento plástico estable del material. En conjunto, estos resultados permiten identificar que el suelo empleado en la fabricación de los adobes posee una plasticidad media, adecuada para procesos de moldeado y compactación manual, garantizando cohesión suficiente sin generar retracciones excesivas durante el secado.

Tabla 6

Dosificación 0% CAL Material /

Muestra	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Suelo natural (g)	6092	6092	6092	6092	6092	6092	6092	6092	6092
Cal (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua añadida (g)	908	908	908	908	908	908	908	908	908
Peso fresco (g)	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Dosificación 5% CAL Material /

Muestra	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Suelo natural (g)	5788	5788	5788	5788	5788	5788	5788	5788	5788
Cal (g)	297	297	297	297	297	297	297	297	297
Agua añadida (g)	916	916	916	916	916	916	916	916	916
Peso fresco (g)	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8*Dosificación 10% CAL*

Material / Muestra	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Suelo natural (g)	5483	5483	5483	5483	5483	5483	5483	5483	5483
Cal (g)	593	593	593	593	593	593	593	593	593
Agua añadida (g)	924	924	924	924	924	924	924	924	924
Peso fresco (g)	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9*Dosificación 15% CAL*

Material / Muestra	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Suelo natural (g)	5179	5179	5179	5179	5179	5179	5179	5179	5179
Cal (g)	890	890	890	890	890	890	890	890	890
Agua añadida (g)	932	932	932	932	932	932	932	932	932
Peso fresco (g)	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000

Tabla 10*Resumen de dosificación*

Dosificación	Suelo natural (g)	Cal (g)	Agua añadida (g)	Peso fresco (g)
0% Cal	6092	0	908	7000
5% Cal	5788	297	916	7000
10% Cal	5483	593	924	7000
15% Cal	5179	890	932	7000

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 10 evidencia que el incremento progresivo del contenido de cal desde 0% hasta 15% implica una reducción gradual de la masa de suelo natural empleada, desde 6092 g hasta 5179 g por unidad, debido a la sustitución directa del suelo por el estabilizante dentro de una masa fresca constante de 7000 g. Este ajuste proporcional provoca que, por cada 5% adicional de cal, la disminución de suelo se mantenga en un rango aproximado de 300 a 310 g, mientras que la cal aumenta en

la misma magnitud. Asimismo, se observa un incremento leve en el agua añadida (de 908 g a 932 g), resultado de la reducción de la humedad natural disponible al disminuir la cantidad de suelo, lo que exige un aporte mayor de agua externa para alcanzar la humedad de mezcla establecida del 18%. En conjunto, la tabla confirma una dosificación técnicamente coherente, donde la variación en la proporción de materiales no altera el peso inicial del adobe, condición que garantiza la comparabilidad entre las muestras durante la etapa de evaluación mecánica.

Tabla 11

Comprensión de unidades de adobe - patrón

	Edad	Largo	Ancho	Altura	Peso	Área	Carga	Resistencia a
	(días)	(cm)	(cm)	(cm)	adobe	bruta	de	la
					(Kg)	(cm²)	rotura	compresión
							(Kg)	(Kg/cm²)
Patron-1	30	27.60	13.85	9.60	6.65	382.30	4930	12.90
Patron-2	30	27.70	13.50	9.50	6.55	3740.00	5050	13.50
Patron-3	30	27.80	13.70	9.80	6.75	380.90	5150	13.52
Patron-4	30	27.80	13.80	9.70	6.65	383.60	5140	13.40
Patron-5	30	27.60	13.70	9.60	6.60	378.10	5200	13.75
								13.41

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

La Tabla 11 muestra los resultados del ensayo de compresión en cinco unidades de adobe patrón evaluadas a los 30 días de curado. Las dimensiones de los especímenes presentan variaciones mínimas, lo que confirma uniformidad en la fabricación. La carga de rotura registrada oscila entre 4930 y 5200 kg, generando resistencias individuales entre 12.90 y 13.75 kg/cm². La dispersión entre valores es baja y se concentra alrededor del promedio general de 13.41 kg/cm², lo que indica un comportamiento mecánico estable del adobe patrón. La consistencia de los resultados sugiere que el material posee una resistencia homogénea y adecuada

como referencia para la comparación con las mezclas estabilizadas evaluadas en ensayos posteriores.

Tabla 12

Compresión de unidades de adobe – experimental 5%

Identificación de la muestra	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso adobe (Kg)	Área bruta (cm²)	Carga de rotura (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm²)
Experimental-1	30	27.90	13.80	9.80	6.80	385.00	5930	15.40
Experimental-2	30	27.80	13.70	9.50	6.70	379.50	5750	15.15
Experimental-3	30	27.80	13.70	10.00	6.85	380.90	5550	14.57
Experimental-4	30	27.80	13.60	9.70	6.70	378.10	5640	14.92
Experimental-5	30	27.60	13.70	9.80	6.75	378.10	5900	15.60
								15.13

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

La Tabla 12 presenta los resultados del ensayo de compresión en cinco unidades de adobe estabilizadas con 5% de cal, todas evaluadas a los 30 días de curado. Las dimensiones y pesos muestran variaciones mínimas, lo que refleja uniformidad en la elaboración de las muestras. Las cargas de rotura registradas se encuentran entre 5550 y 5930 kg, generando resistencias individuales que varían de 14.57 a 15.60 kg/cm². La dispersión entre valores es reducida y se concentra alrededor del promedio general de 15.13 kg/cm², evidenciando un comportamiento mecánico consistente. En conjunto, los resultados indican que la adición del 5% de cal incrementa la resistencia en comparación con el adobe patrón, manteniendo además una adecuada homogeneidad entre especímenes.

Tabla 13*Compresión de unidades de adobe – experimental 10%*

Identificación de la muestra	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso adobe (Kg)	Área bruta (cm²)	Carga de rotura (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm²)
Experimental-1	30	27.80	13.80	10.00	7.00	383.60	6700	17.46
Experimental-2	30	27.60	13.50	9.50	6.85	372.60	6160	16.53
Experimental-3	30	27.80	13.50	9.60	6.80	375.30	6310	16.81
Experimental-4	30	27.70	13.80	9.80	6.95	382.30	6730	17.61
Experimental-5	30	27.80	13.60	9.80	6.95	378.10	6460	17.09
								17.10

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

La Tabla 13 muestra los resultados del ensayo de compresión en cinco unidades de adobe estabilizadas con 10% de cal, ensayadas a los 30 días de curado. Las dimensiones y pesos presentan variaciones menores, lo que refleja uniformidad en la fabricación. Las cargas de rotura obtenidas se ubican entre 6160 y 6730 kg, generando resistencias individuales entre 16.53 y 17.61 kg/cm². Los valores presentan baja dispersión y se agrupan en torno al promedio general de 17.10 kg/cm², lo que indica un comportamiento mecánico estable del material. En conjunto, los resultados muestran que la incorporación del 10% de cal incrementa de manera apreciable la resistencia a la compresión respecto al adobe patrón y al estabilizado con 5%, manteniendo homogeneidad entre los especímenes evaluados.

Tabla 14*Compresión de unidades de adobe – experimental 15%*

Identificación de la muestra	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso adobe (Kg)	Área bruta (cm²)	Carga de rotura (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm²)
Experimental-1	30	27.90	13.85	9.60	6.40	386.40	7800	20.19
Experimental-2	30	27.80	13.80	9.70	6.50	383.60	7110	18.53
Experimental-3	30	27.90	13.70	9.80	6.65	382.20	7230	18.92
Experimental-4	30	27.80	13.90	9.80	6.80	386.40	7640	19.77
Experimental-5	30	27.90	13.70	9.70	6.45	382.20	8100	21.19
								19.72

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

La Tabla 14 presenta los resultados del ensayo de compresión en cinco unidades de adobe estabilizadas con 15% de cal, ensayadas a los 30 días de curado. Las dimensiones y pesos muestran variaciones mínimas, lo que evidencia uniformidad en la elaboración de los especímenes. Las cargas de rotura registradas se sitúan entre 7110 y 8100 kg, lo que genera resistencias individuales entre 18.53 y 21.19 kg/cm². La dispersión entre valores es baja y los resultados se concentran alrededor del promedio general de 19.72 kg/cm², indicando un comportamiento mecánico consistente. En conjunto, los resultados reflejan que el 15% de cal produce el mayor incremento de resistencia respecto al adobe patrón y a los porcentajes menores de estabilización, manteniendo además homogeneidad en las muestras evaluadas.

Tabla 15

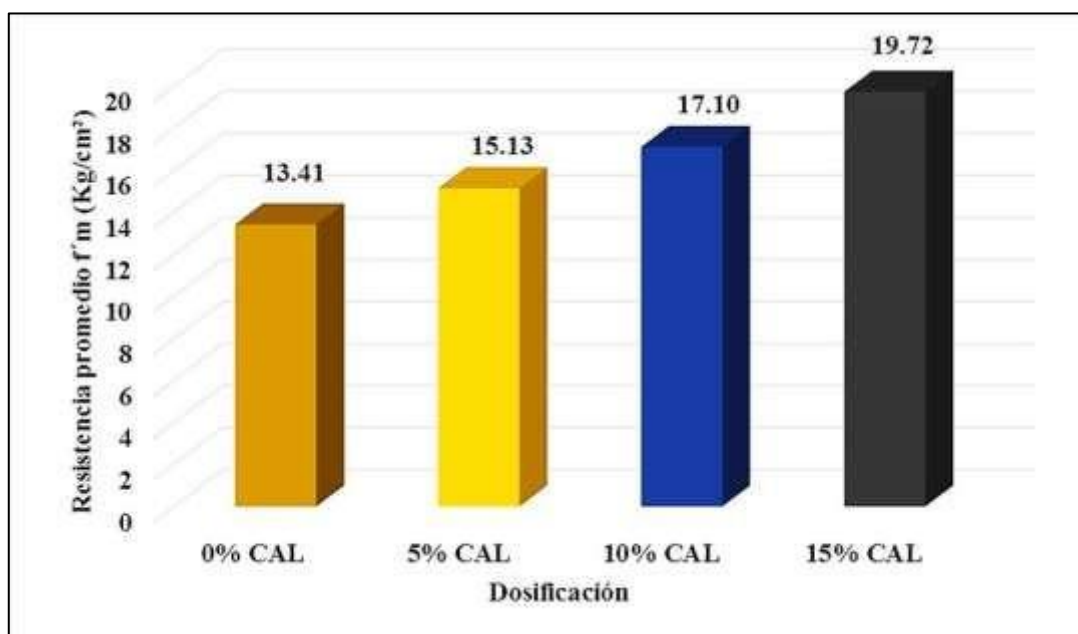
Resumen de la resistencia a la compresión de las unidades de adobe

Dosificación	Resistencia promedio f'_m (Kg/cm ²)
0% CAL	13.41
5% CAL	15.13
10% CAL	17.10
15% CAL	19.72

Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Resumen de la resistencia a la compresión de las unidades de adobe



Fuente: Tabla 15

La tabla 15 y figura 4, evidencian que la resistencia promedio a la compresión de las unidades de adobe aumenta de manera consistente conforme se incrementa el porcentaje de cal en la mezcla. El adobe patrón (0% CAL) registra el valor más bajo, con 13.41 kg/cm², mientras que las dosificaciones con 5%, 10% y 15% de cal alcanzan 15.13, 17.10 y 19.72 kg/cm² respectivamente, mostrando una tendencia ascendente que refleja la mejora progresiva del desempeño mecánico del material. Este comportamiento coincide con la literatura técnica, la cual sostiene que la cal contribuye a la estabilización del suelo mediante procesos de carbonatación y la formación de enlaces internos más estables, lo que incrementa la cohesión y la capacidad resistente. En términos generales, los resultados permiten concluir que la incorporación de cal mejora significativamente la resistencia a la compresión del adobe, siendo la dosificación del 15% la que alcanza el mejor rendimiento estructural dentro de este conjunto experimental.

Tabla 16

Ensayo de compresión axial de pilas de adobe (Norma E.080-2017)

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	Carga (Kg)	f_m (Kg/cm²)	f'_m (Kg/cm²)
P-1	40.03	20.03	801.40	12603	15.73	
P-2	40.10	20.04	803.60	12480	15.53	15.63
Exp-5%	40.00	20.03	801.20	14000	17.47	
Exp-5%	40.08	20.02	802.40	13920	17.35	17.41
Exp-10%	40.04	20.04	802.40	15300	19.07	
Exp-10%	40.01	20.01	800.60	15260	19.06	19.06
Exp-15%	40.05	20.04	802.60	16600	20.68	
Exp-15%	40.02	20.03	801.60	16370	20.42	20.55

Fuente: Elaboración propia en base a resultados obtenidos del material base en el laboratorio de la Universidad San Pedro.

La Tabla 16 presenta los resultados del ensayo de compresión axial en pilas de adobe fabricadas con adobe patrón y con adobes estabilizados al 5%, 10% y 15% de cal, utilizando probetas con dimensiones uniformes cercanas a 40 × 20 cm. Las áreas efectivas se mantienen dentro del rango de 800.6 a 803.6 cm², lo que asegura

comparabilidad entre muestras. Las pilas patrón registraron cargas máximas entre 12 480 y 12 603 kg, obteniéndose resistencias promedio de 15.63 kg/cm². En las pilas estabilizadas con 5% de cal, las cargas variaron entre 13 920 y 14 000 kg, con resistencias medias de 17.41 kg/cm². Para el 10 % de cal, las cargas oscilaron entre 15 260 y 15 300 kg, logrando una resistencia promedio de 19.06 kg/cm². Finalmente, las pilas con 15% de cal alcanzaron las mayores cargas, entre 16 370 y 16 600 kg, obteniéndose resistencias medias de 20.55 kg/cm². En conjunto, los resultados muestran un incremento progresivo y consistente de la resistencia conforme aumenta el porcentaje de cal, evidenciando el efecto estabilizante del aditivo en el comportamiento mecánico estructural de las pilas de adobe evaluadas.

Tabla 17

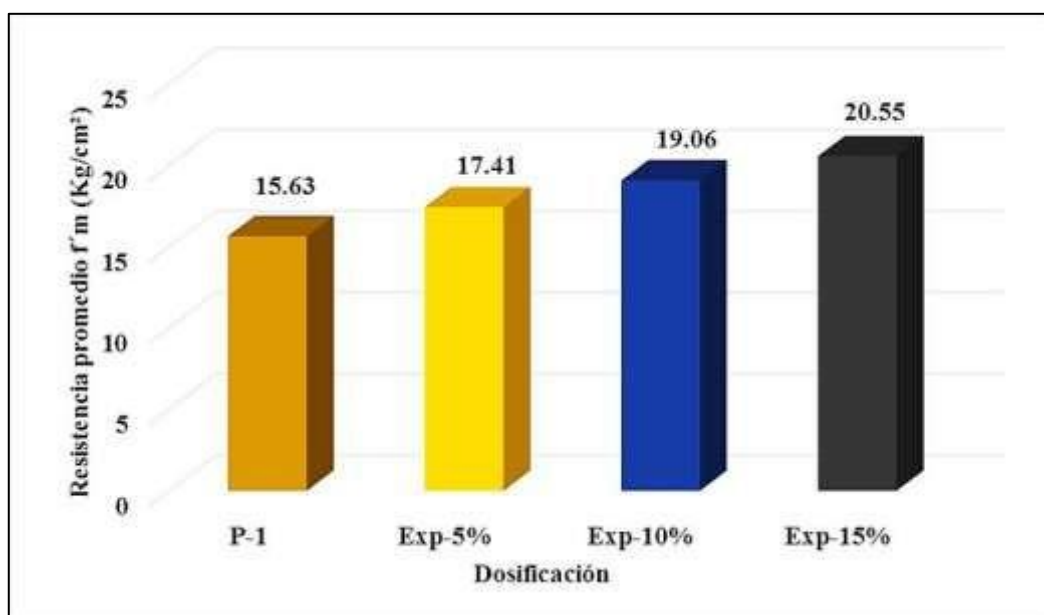
Resumen de ensayo de compresión axial de pilas de adobe (Norma E.080-2017)

Dosificación	Resistencia promedio f'_m (Kg/cm²)
P-1	15.63
Exp-5%	17.41
Exp-10%	19.06
Exp-15%	20.55

Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Ensayo de compresión axial de pilas de adobe (Norma E.080-2017)



Fuente: Tabla 17

La tabla 17 y figura 5, muestran que la resistencia promedio a la compresión de las unidades evaluadas presenta un incremento progresivo conforme aumenta la proporción de cal en la mezcla. La muestra patrón P-1 registra 15.63 kg/cm², mientras que las dosificaciones con 5%, 10% y 15% de cal alcanzan resistencias de 17.41, 19.06 y 20.55 kg/cm², respectivamente, lo cual evidencia una tendencia claramente ascendente. Este comportamiento coincide con los fundamentos teóricos de la estabilización con cal, que explican que la cal favorece la formación de compuestos cementantes y la mejora de la cohesión interna del material, incrementando así su capacidad resistente. En síntesis, los valores obtenidos confirman que la adición de cal aumenta de manera significativa la resistencia mecánica del adobe, siendo la dosificación del 15% la que presenta el mejor desempeño estructural en este conjunto experimental.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Primer objetivo específico: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material base utilizado en la elaboración de los adobes.

Los resultados obtenidos en la caracterización del material base evidenciaron que el suelo utilizado presenta una humedad natural baja (3.28%), una granulometría predominantemente fina con un 45.6% de partículas que pasan el tamiz N.º 200 y un índice de plasticidad cercano al 22%, lo que permitió clasificarlo como un material limo arcilloso moderadamente plástico. Esta combinación de características indica que el suelo posee buena cohesión, adecuada trabajabilidad y un comportamiento óptimo para su utilización en la fabricación de unidades de adobe, pues ofrece la plasticidad suficiente para el moldeado y la compactación sin generar retracciones excesivas ni fisuras prematuras durante el secado. Tales propiedades confirman que el material base empleado es adecuado para la etapa experimental posterior.

Estos hallazgos coinciden con los reportados por Viera y Venegas (2023), quienes señalan que los suelos finos con buena cohesión favorecen la estabilidad y resistencia de los materiales de tierra utilizados en construcción. De manera similar, Echeverría y Zambrano (2021) demuestran que la presencia de plasticidad moderada y finos bien distribuidos garantiza mezclas más uniformes y estables, lo cual repercute directamente en el comportamiento mecánico del adobe. Asimismo, investigaciones como las de Altamirano (2018) y González (2020) respaldan que los suelos limo-arcillosos de plasticidad media son óptimos para la elaboración de adobes debido a su equilibrio entre moldeabilidad y resistencia. La coincidencia generalizada entre los resultados del presente estudio y estos antecedentes confirma que el suelo de Huanchac presenta características similares a las exigidas por la literatura especializada y que cumple con los parámetros necesarios para lograr un desempeño mecánico adecuado.

Por otro lado, algunos estudios difieren de los resultados obtenidos. Zambrano (2024), por ejemplo, trabajó con suelos de menor plasticidad que no respondieron favorablemente a la estabilización con cal, obteniendo resistencias inferiores a las

del adobe patrón, mientras que Toro (2024) observó comportamientos irregulares en suelos con composiciones heterogéneas que incluían viruta y caucho. Estas discrepancias pueden explicarse por las diferencias en la composición del suelo, el tipo de agregados presentes y la plasticidad inicial del material, factores que influyen directamente en la cohesión y en la respuesta mecánica posterior. En comparación, el suelo del presente estudio mostró una textura fina y homogénea, lo cual favorece una respuesta más estable tanto en estado natural como en la etapa de estabilización.

La relación entre los resultados encontrados y las bases teóricas es consistente. Según García y Moreno (2021), la calidad del adobe depende de propiedades como la granulometría, la plasticidad, la cohesión y el contenido de humedad del suelo. Asimismo, Altamirano (2018) destaca que los suelos con plasticidad media y alto contenido de finos proporcionan un equilibrio adecuado entre adherencia, rigidez y moldeabilidad. Del mismo modo, Nina (2023) señala que los adobes elaborados con suelos finos y homogéneos suelen alcanzar mejores niveles de resistencia y durabilidad, siempre que la proporción de agua y la dosificación de estabilizantes sean controladas. En este sentido, los valores obtenidos en el presente estudio se ajustan a lo que la teoría describe como óptimo para garantizar un buen desempeño mecánico.

Metodológicamente, los procedimientos utilizados coinciden con los aplicados en investigaciones recientes sobre adobe estabilizado. En la mayoría de estudios especializados se emplean ensayos normalizados como granulometría (ASTM D422), límites de Atterberg (ASTM D4318) y determinación de humedad (ASTM D2216), así como clasificaciones SUCS y AASHTO para identificar la aptitud del suelo. De manera coherente, el presente trabajo adoptó estas mismas normas técnicas, asegurando comparabilidad con los antecedentes y confiabilidad en la caracterización del material. Además, el control de variables como humedad, compactación y curado permitió que los resultados reflejen con precisión el comportamiento real del suelo, eliminando posibles sesgos por diferencias metodológicas.

En conjunto, tanto los resultados obtenidos como su consistencia con la literatura y la metodología aplicada permiten concluir que el suelo base del estudio presenta las propiedades físicas idóneas para la producción de adobes estabilizados. Su humedad reducida, granulometría fina y plasticidad moderada constituyen parámetros favorables que, según la evidencia teórica y empírica, contribuyen a la cohesión, moldeabilidad y desempeño mecánico del material. Esto confirma que el suelo seleccionado es adecuado para los ensayos experimentales de estabilización con cal y ofrece una base sólida para el análisis comparativo posterior.

Segundo objetivo específico: Elaborar las unidades de adobe patrón y aquellas estabilizadas con cal en proporciones de 5%, 10% y 15%.

Los resultados obtenidos en la fase de elaboración de las unidades de adobe muestran que se logró producir especímenes con características dimensionales y de humedad uniformes tanto para el adobe patrón como para los adobes estabilizados con cal al 5%, 10% y 15%. La dosificación empleada revela una disminución progresiva de la masa de suelo natural conforme se incrementa el porcentaje de cal, manteniéndose un peso fresco constante de 7000 g en todas las muestras. Este control permitió garantizar la comparabilidad entre los especímenes y asegurar que las variaciones observadas en etapas posteriores se deban exclusivamente al efecto de la cal. Además, la humedad del material fresco se mantuvo en valores bajos y homogéneos ($\approx 2.70\%$), lo que contribuyó a una compactación adecuada durante el moldeado y evitó deformaciones o retracciones en el proceso de secado. Estos resultados evidencian un proceso de elaboración técnicamente controlado y coherente con los estándares experimentales.

La elaboración de las unidades coincide con lo reportado por Lozano & Campos (2025), quienes indican que el control en la dosificación, humedad y compactación es determinante para obtener especímenes reproducibles y comparables, especialmente cuando se buscan diferencias significativas entre tratamientos. También coincide con lo planteado por Cruzatt & Herrera (2024), quienes elaboraron adobes bajo condiciones controladas de humedad y compactación, estableciendo que la uniformidad es clave para evaluar adecuadamente el efecto de estabilizantes como la cal o las fibras PET. De igual modo, las conclusiones de

Alvarado, Marcelo & Aguilar (2024) confirman que un control meticuloso en las mezclas tanto en masa de suelo como en proporciones de aditivos permite que los resultados mecánicos sean confiables y atribuibles al estabilizante incorporado, y no a variaciones en la preparación del material.

No obstante, algunos estudios muestran diferencias respecto al comportamiento obtenido en este proceso. Zambrano (2024), por ejemplo, observó que la incorporación de cal no mejoró la respuesta mecánica en sus adobes compactados, lo cual se debió, según su análisis, a una dosificación inadecuada y a un control menos riguroso en la preparación de las muestras. De manera similar, Toro (2024) evidenció resultados heterogéneos al usar mezclas con viruta y caucho, lo que generó variabilidad en el moldeado y curado. Estas discrepancias reflejan la importancia del control experimental durante la elaboración de los adobes, puesto que condiciones inestables o poco uniformes pueden modificar significativamente el comportamiento del material. En contraste, el presente estudio logró mantener una ejecución controlada y consistente, lo que explica la estabilidad obtenida en todas las unidades elaboradas.

Las bases teóricas respaldan el procedimiento de elaboración empleado. García y Moreno (2021) destacan que el éxito del adobe depende en gran medida de la correcta dosificación de sus componentes, del control de humedad y de la compactación uniforme. Asimismo, la teoría sobre estabilización con cal señala que su incorporación debe realizarse en proporciones precisas y bien distribuidas dentro de la mezcla para permitir una reacción adecuada entre los compuestos de la cal y las partículas del suelo (Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, 2020). De igual forma, Altamirano (2018) sostiene que la calidad del adobe estabilizado se basa en procesos de fabricación controlados, donde la uniformidad del material es fundamental para garantizar desempeño mecánico consistente. En concordancia con dichas bases, el presente estudio aplicó procedimientos controlados que permitieron elaborar adobes dimensionalmente estables y correctamente dosificados.

Desde una perspectiva metodológica, la elaboración de las unidades replicó prácticas ampliamente aceptadas en investigaciones experimentales recientes. Estudios como los de Lozano & Campos (2025), Alvarado et al. (2024) y Velásquez (2023) emplearon moldes normalizados, humedad controlada y dosificación precisa

para asegurar reproducibilidad. El uso de la máquina CINVA-RAM en este estudio permitió obtener adobes compactados con la densidad adecuada y con variaciones mínimas entre especímenes, lo cual coincide con la metodología recomendada por la Norma Técnica Peruana E.080 y por investigaciones orientadas a evaluar el desempeño mecánico del adobe estabilizado.

En síntesis, la elaboración de las unidades de adobe patrón y estabilizado se ejecutó de manera técnica, controlada y consistente con la teoría y los antecedentes consultados. La uniformidad en la dosificación, la homogeneidad del material, el control adecuado de la humedad y el uso de procedimientos estandarizados permitieron obtener especímenes reproducibles y aptos para la etapa de ensayo mecánico. Esto asegura que los resultados de compresión posteriores se atribuyan exclusivamente al efecto de los porcentajes de cal incorporados y no a irregularidades en el proceso de fabricación.

Tercer objetivo específico: Evaluar la resistencia a la compresión de las unidades experimentales, estableciendo una comparación con el comportamiento del adobe patrón.

Los resultados de las pruebas de compresión revelan que la resistencia aumenta a medida que se incrementa la proporción de cal en las unidades fabricadas. El adobe patrón arrojó una resistencia promedio de 13.41 kg/cm², en tanto que el adobe estabilizado con 5% de cal alcanzó 15.13 kg/cm², el de 10% 17.10 kg/cm² y el de 15% 19.72 kg/cm². Estos aumentos significan una mejora continua en las propiedades mecánicas del material, demostrando que la adición de cal sí tiene efecto en la resistencia axial. Esta tendencia demuestra que la cal refuerza la cohesión del suelo, disminuye su plasticidad y genera reacciones físico-químicas que lo endurecen, manifestándose en que el adobe puede soportar mayores cargas antes de fallar. La homogeneidad en tamaño y peso de las muestras garantiza que estas diferencias de resistencia se deben realmente al porcentaje de cal y no a fluctuaciones en la elaboración.

Estos hallazgos concuerdan con los estudios de Cruzatt & Herrera (2024), quienes encontraron aumentos significativos en la resistencia de unidades estabilizadas con cal, donde porcentajes controlados entre 3% y 4% en combinación con otros

aditivos mejoran significativamente el comportamiento mecánico del adobe. Asimismo, Alvarado, Marcelo y Aguilar (2024) evidenciaron que la incorporación de cal en porcentajes moderados (2.5% a 7.5%) mejora la resistencia a la compresión, siempre y cuando el proceso de elaboración esté controlado. Además, el estudio de Velásquez (2023) informó aumentos mayores al 20% al agregar piedra caliza molida, lo que refuerza la noción de que los estabilizantes químico-minerales mejoran debido a la cementación sobre la matriz del adobe. En conjunto, estos datos respaldan la tendencia creciente hallada en este estudio y son consistentes con la evidencia previa.

Sin embargo, algunas investigaciones muestran otros comportamientos. Zambrano (2024) determinó que porcentajes elevados de cal (15% y 20%) disminuyeron la resistencia del adobe compactado por debajo del patrón, debido a una sobresaturación del estabilizante y posibles reacciones incompletas. De la misma manera, Toro (2024) halló que algunos aditivos mezclados con cal pueden producir resultados erráticos en la resistencia por la heterogeneidad del suelo o por incompatibilidad con materiales como viruta o caucho. Estas variaciones indican que la efectividad de la cal no sólo está ligada al porcentaje empleado, sino al tipo de suelo, granulometría, plasticidad y control de curado. En contraste con estos ejemplos, el suelo utilizado en el presente estudio texturizado fino y de mediana plasticidad parece haber favorecido una reacción más homogénea y un mejor comportamiento mecánico, por lo que los porcentajes de cal aumentaron la resistencia de forma continua.

La conexión con las teorías de base es clara. García & Moreno (2021) señalan que el adobe estabilizado con cal aumenta su resistencia por la formación de compuestos cementantes producto de procesos de carbonatación y reacciones puzolánicas. Así mismo, la Asociación Nacional de Fabricantes de Cal (2020) afirma que la cal aumenta la cohesión del material, disminuye su plasticidad y mejora su rigidez estructural. En teoría, estos efectos se manifiestan en mayor medida cuando el suelo tiene altos contenidos de finos y un índice de plasticidad apropiado, condiciones que se corroboraron en el análisis del material base. Por otro lado, Nina (2023) indica que cantidades controladas de estabilizantes mejoran la resistencia a la

compresión, pero en exceso pueden tener el efecto opuesto si el suelo no soporta una reacción uniforme. La coincidencia entre la teoría y los datos experimentales confirma que los porcentajes de cal valorados (5%, 10% y 15%) interactuaron positivamente con las propiedades del suelo empleado.

Metodológicamente, la prueba de compresión se llevó a cabo siguiendo procedimientos estandarizados de acuerdo con la Norma Técnica Peruana E.080, garantizando la fiabilidad de los resultados. Estudios como los de Lozano & Campos (2025), Alvarado et al. (2024) y Velásquez (2023) coinciden en emplear moldes iguales, 28 días de curado y carga axial en laboratorio controlado. El estudio actual replicó estas condiciones para garantizar la reproducibilidad y la comparabilidad con estudios anteriores. Además, el control en las dimensiones y en el peso de los adobes permitió aislar la variable principal (la cal) y fortalecer la validez interna del experimento.

En resumen, la adición de cal en 5%, 10% y 15% aumentó significativamente la resistencia a la compresión de las unidades de adobe en comparación con el patrón. Los resultados concuerdan con los antecedentes y la teoría de la acción estabilizadora de la cal. Además, la metodología utilizada aseguró datos confiables y comparables. En suma, los resultados muestran que la estabilización con cal en condiciones controladas es una solución tecnológica capaz de mejorar el comportamiento estructural del adobe en lugares como Huaraz.

CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general: Analizar la resistencia a la compresión de las unidades de adobe estabilizadas con cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%, comparándolas con el adobe patrón, Huaraz - 2025.

El análisis integral de los resultados arrojó que la adición de cal en 5%, 10% y 15% fue mejorando la resistencia a la compresión del adobe en comparación al adobe patrón, demostrando un comportamiento mecánico superior en todas las dosificaciones analizadas. El adobe sin estabilizar llegó a 13.41 kg/cm², en tanto que las unidades con 5%, 10% y 15% alcanzaron 15.13, 17.10 y 19.72 kg/cm², para incrementos acumulados de 12.8%, 27.5% y 47.0%. Este comportamiento creciente demuestra que la cal actúa como estabilizante químico, provocando reacciones pozolánicas que aumentan la cohesión interna, disminuyen la plasticidad y fortalecen la estructura del material. Al comparar directamente los porcentajes, el 15% es la proporción que mejor se desempeñó estructuralmente en las condiciones experimentales del estudio. Estos resultados concuerdan con la teoría de estabilización de suelos finos y la evidencia anterior que reporta aumentos sustanciales en resistencia en materiales similares. Por lo tanto, la estabilización con cal mejora en gran medida el comportamiento estructural del adobe en Huaraz, siendo una solución para mejorar su durabilidad y resistencia ante cargas verticales y sísmicas características de la zona.

Primer objetivo específico: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material base utilizado en la elaboración de los adobes.

El estudio de las características físicas del suelo utilizado determinó que el material es idóneo para la elaboración de adobes estabilizados. La baja humedad natural (3.28%) asegura un suelo prácticamente seco y, por lo tanto, un control en los procesos de mezcla y compactación. La granulometría arrojó un material predominantemente fino, ya que el 45.6% pasó por el tamiz N.º 200, lo que le da la cohesión suficiente para ser moldeable y evitar fisuras al secarse. Además, el índice de plasticidad de aproximadamente 22% determinó que el material es medianamente plástico, lo cual es perfecto para el adobe, ya que tiene buena trabajabilidad y resistencia estructural. Estas propiedades, sumado a la similitud de

los resultados de los ensayos con la teoría existente para suelos constructivos, validaron que el suelo de Huanchac cumple con los requisitos técnicos para elaborar adobes estables físicamente y susceptibles de ser mejorado mediante estabilización química con cal.

Segundo objetivo específico: Elaborar las unidades de adobe patrón y aquellas estabilizadas con cal en proporciones de 5%, 10% y 15%.

En la fabricación de los especímenes de adobe patrón y estabilizado se pudo determinar que el proceso constructivo fue homogéneo, controlado y técnicamente controlado. Todas las mezclas mantuvieron un peso fresco constante de 7000 g, lo que evidencia exactitud en la dosificación y garantiza la comparabilidad experimental entre los porcentajes estudiados. Se apreció una reducción proporcional en el peso del suelo natural a medida que se incrementó el porcentaje de cal, pero siempre conservando una estructura homogénea en la composición de cada unidad. La humedad del material fresco en promedio 2.70% se mantuvo controlada, asegurando una buena compactación en el moldeado y reduciendo la probabilidad de deformaciones o retracciones en el proceso de curado. Este proceso proporcionó unidades uniformes en forma, tamaño y peso, garantizando que cualquier variación en las pruebas de resistencia se atribuya únicamente a la cal y no a inconsistencias en la preparación. Como resultado, se determina que el proceso de elaboración fue exitoso y que satisface las condiciones experimentales para determinar el comportamiento mecánico del adobe estabilizado.

Tercer objetivo específico: Evaluar la resistencia a la compresión de las unidades experimentales, estableciendo una comparación con el comportamiento del adobe patrón.

La prueba de resistencia a la compresión determinó que la adición de cal a las unidades de adobe aumentó su resistencia de manera uniforme. El adobe patrón resistió 13.41 kg/cm², y los adobes estabilizados 15.13 kg/cm² (5% cal), 17.10 kg/cm² (10%) y 19.72 kg/cm² (15%). Esta tendencia indica que la cal es un buen estabilizador, reforzando la matriz del suelo a través de reacciones químicas que aumentan la cohesión, disminuyen la plasticidad y mejoran la rigidez de las unidades. Los aumentos logrados son coherentes entre sí y están en consonancia con resultados de estudios anteriores y con la teoría de estabilización de suelos con

cal. Además, la homogeneidad de tamaño y el control en el proceso de curado aseguran que las variaciones en la resistencia se deban exclusivamente a la proporción de cal utilizada. Esto demuestra que la estabilización con cal en condiciones técnicas adecuadas es una solución efectiva para mejorar el comportamiento estructural del adobe, en lugares como Huaraz, donde la resistencia y durabilidad del material son esenciales para reducir riesgos ante fenómenos naturales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la población:

Usar adobes estabilizados con cal en 10%-15%, ya que estos porcentajes fueron los que mostraron mayor resistencia y son los más apropiados para reforzar la seguridad y la durabilidad de las construcciones en tierra.

Preparar adecuadamente el material, controlando la humedad, respetando las dosis correctas y el curado mínimo de 30 días para prevenir fisuras y mejorar el comportamiento del adobe ante cargas.

Asesorarse o capacitarse técnicamente antes de producir adobes para prevenir errores comunes de mezcla, moldeado o secado que disminuyan su resistencia.

A las autoridades:

Desarrollar programas de capacitación técnica comunitaria para la producción de adobes estabilizados con cal y así mejorar las prácticas constructivas vernáculas y disminuir la vulnerabilidad estructural de las viviendas.

Promover proyectos de vivienda segura con adobe estabilizado como una alternativa sostenible, económica y adaptada a los recursos locales en áreas altoandinas como Huaraz.

Fomentar el desarrollo de normas locales o guías de procedimiento, fundamentadas en la ciencia, que codifiquen las proporciones de cal, los métodos de mezclado y los tiempos de curado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi constante guía y fuente de fortaleza inagotable. Mi gratitud es profunda por haberme iluminado con la sabiduría necesaria, brindarme la salud y el vigor, e impulsarme con la perseverancia indispensable para alcanzar esta gran meta profesional.

Mi más sincero reconocimiento se extiende a mis familiares y seres queridos, quienes fueron los pilares fundamentales para la realización de este trabajo. Su apoyo incondicional, su profunda comprensión y su ejemplar paciencia constituyeron mi mayor sostén, y su confianza constante me inspiró a superar cada desafío hasta lograr este importante objetivo.

Agradezco también a la Universidad San Pedro por ofrecerme la valiosa oportunidad de crecer profesionalmente y adquirir los conocimientos esenciales que cimentaron esta investigación.

Finalmente, un reconocimiento especial y afectuoso merece mi asesor Ing. Miguel Solar Jara, cuyo invaluable apoyo, guía experta y metódica, y su paciencia fueron cruciales a lo largo de este proceso. Su dedicación y vasta experiencia profesional resultaron fundamentales para el éxito y la culminación de esta obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano Carrasco, O. V. (2018). *Análisis de la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal en la ciudad de Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2528>
- Alvarado Salazar, J. A., Marcelo Rodríguez, G. A., & Aguilar Aliaga, O. (2024). *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*. En 22ª Multiconferencia Internacional LACCEI para Ingeniería, Educación y Tecnología: Ingeniería sustentable para un Futuro Diverso, Equitativo e Inclusivo al Servicio de la Educación, la Investigación y la Industria para una Sociedad 5.0. LACCEI. https://laccei.org/LACCEI2024-CostaRica/papers/Contribution_846_final_a.pdf
- Arias, J. (2021). *Diseño y metodología de investigación*. Edición Enfoques Consulting EIRL. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Arispe, C., Yangali, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L., & Arellano, C. (2020). *La Investigación Científica*. Departamento de Investigación y Posgrados Universidad Internacional de Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20CIENT%C3%8DFICA.pdf>
- Asociación Nacional de Fabricantes de Cal. (2020). *La cal y sus aplicaciones en la construcción*. ANCADE. <https://www.ancade.es/la-cal-en-la-construccion>
- Cáceres Vásquez, K. R. (2022). *Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas - económicas en Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1002>

- Cruzatt Sanz, R. J., & Herrera Jara, K. T. (2024). *Resistencia a la compresión del adobe adicionando fibras de polietileno tereftalato y cal en la ciudad de Jaén - 2023* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la UNJ. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJA_1942acbccc749d2b9425b71b54904003/Description
- Doria Álvarez, A., & Orozco Ospino, J. (2022). Evaluación de propiedades físico-químicas y mecánicas del adobe elaborado con cal para su uso en la construcción sostenible. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(35). <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i35.47>
- Echeverría Echevería, L. E., & Zambrano Guamán, P. A. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de adobes ecológicos elaborados con barro, agua, con adiciones cementicias provenientes de residuos agroindustriales, cumpliendo la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015)* [Trabajo de titulación, UCE]. Repositorio Institucional de la Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/514b891f-c544-4b0b-84e6-a3c50b7f0431>
- García, L., & Moreno, C. (2021). Estudio de las propiedades mecánicas del adobe tradicional en la región andina. *Revista Ingeniería y Construcción*, 36(2), 45–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732021000200045>
- Gonzales Vargas, F. R. (2022). *Mejoramiento de las propiedades del adobe con la estabilización de cemento, en viviendas autoconstruidas por familias de bajos recursos económicos en el Centro Poblado Ramis, Taraco, Huancané - 2021* [Tesis de título profesional, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional de la UNAP. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18741/Gonzales_Vargas_Fredy_Ruben.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González Vargas, F. R. (2020). *Estudio comparativo de la resistencia a compresión y flexión de adobes estabilizados con cal y cemento en Puno* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio UNAP.

https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18741/Gonzales_Vargas_Fredy_Ruben.pdf

Laouidji, Z., Boutlikht, M., Douadi, A., Hebbache, K., Atiki, E., Belebchouche, C., Moretti, L., & Czarnecki, S. (2025). Exploring the effect of lime and cement ratios on the mechanical properties of clay bricks made from different types of soils. *Buildings*, 15(4), 631. <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/4/631>

Lozano Pérez, F., & Campos Román, L. G. (2025). *Comparación de las propiedades del adobe artesanal con el adobe elaborado por compactación con el óptimo contenido de humedad en la ciudad de Jaén – 2023* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional de la UNJ. <https://repositorio.unj.edu.pe/items/75e11eb8-171f-4771-89f0-efd4da50291b>

Muguira, A. (2018, octubre 17). *Diseño de investigación. Elementos y características*. QuestionPro. Recuperado 18 de mayo de 2023, de: <https://www.questionpro.com/blog/es/disenio-de-investigacion/>

Mancilla Llallerco, A. M. (2021). *Incorporación con cal y cemento para la estabilización del adobe en el sector de Wilcuypata, Abancay - Apurímac, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74196>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017, 7 de abril). *Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada* (Anexo - Resolución Ministerial N° 121-2017-VIVIENDA). Diario Oficial El Peruano. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf

Mintek Team. (2024, 3 de abril). Mintek resources lime soil stabilization: Find the best soil stabilization method. Mintek Resources. <https://mintekresources.com/lime-vs-cement-soil-stabilization/>

- Navarro, J. N. (2023). Fundamentals and forms of applied research. *Journal of Research and Development*, 11(1), 206.
https://www.longdom.org/open-access/fundamentals-and-forms-of-applied-research-98063.html?utm_source=chatgpt.com
- Nina Flores E. J. (2023). *Comportamiento mecánico del adobe estabilizado con cal en viviendas de 2 niveles en el Distrito de Pomata – Puno 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Unión].
<http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/7286>
- Ponce Reyes, H. E., & Salas Morales, E. T. (2023). *Análisis y evaluación de las construcciones de adobe en el distrito de Tauca. Propuesta de mejora con adobe estabilizado, Chimbote, 2022* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_72ec3c75c62db924136c02890715179c
- Salamanca Barja, J. J., & Santiago Chávez, C. A. (2023). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas rurales en torno a las variables físico, social, económico, ambiental e intercultural* [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio UTP.
https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/8412/J.Salamanca_C.Santiago_Tesis_Titulo_Profesional_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Santander. (2021). *Investigación cualitativa y cuantitativa: características y ventajas*. Becas-santander.com. <https://www.becas-santander.com/es/blog/cualitativa-y-cuantitativa.html>
- Toro Mendoza, E. R. (2024). *Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho en el Centro Poblado de Huanaspampa, Acoria, Huancavelica 2021* [Tesis de título profesional, Universidad Continental]. Repositorio Institucional de la Universidad Continental.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/18256/2/IV_FIN_105_TE_Toro_Mendoza_2025.pdf

- Velasquez Honorio, G. A. (2023). *Resistencia a la compresión del adobe compactado con adición de piedra triturada caliza en porcentajes de 2%, 3% y 4%, Cajamarca 2023* [Tesis de título profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/99413790-cf4c-4f7a-a659-18a0f5e60240>
- 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*, 6(1), 150–166. Repositorio Institucional de la Universidad Central del Ecuador. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v6n1/2631-2654-rns-6-01-00150.pdf>
- Zambrano Delgado, N. (2024). *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 de título profesional, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/f7219f02-e2a3-459e-aebc-5d1a27cf1db3>

ANEXOS Y APÉNDICES

1. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Método	Escala
Variable independiente 1: porcentaje de cal	Se entendió como la proporción de cal aérea o hidráulica, expresada en porcentaje respecto al peso total del suelo base, que se añadió al adobe para inducir reacciones químicas que generan compuestos cementantes y mejoran sus propiedades físicas y mecánicas, principalmente aumentando su resistencia a la compresión y su durabilidad (Mintek, 2024).	Esta variable se aplicó considerando proporciones de cal del 0%, 5%, 10% y 15%, medidas en función del peso seco del material durante la elaboración de las unidades de adobe y registradas de forma cuantitativa continua.	Dosificación de cal en la mezcla de adobe.	Porcentaje de cal respecto al peso seco del suelo.	Ficha de resultados del ensayo	Cardinal
				Masa de cal utilizada por lote (g).		
				Relación suelo, cal y agua en cada dosificación.		

Variable dependiente 2: resistencia a la compresión	La capacidad máxima de un material, como el adobe, para soportar fuerzas axiales que buscan reducir su tamaño o volumen sin fracturarse ni deformarse de manera permanente; este parámetro permitió evaluar su comportamiento estructural ante cargas verticales (Laouidji et al., 2025).	La resistencia a la compresión se midió mediante ensayos de compresión uniaxial realizados en laboratorio, aplicando una carga axial hasta la falla de las unidades, cuyos resultados se expresaron en kg/cm ² , de acuerdo con la Norma Técnica Peruana E.080 y normas ASTM.	Comportamiento mecánico del adobe estabilizado y patrón.	Carga máxima de rotura (kg).	Ficha de resultados del ensayo	Cardinal
				Área de la sección cargada (cm ²).		
				Esfuerzo de compresión f'_m (kg/cm ²).		
				Resistencia promedio por porcentaje de cal.		

Fuente: Elaboración propia

2. Matriz de consistencia.

Problema	Variables	Objetivos	Hipótesis	Metodología
¿Cuál es el resultado de los ensayos de resistencia a la compresión de las unidades de adobe estabilizadas con cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%, comparándolas con el adobe patrón, Huaraz - 2025?	Variable independiente 1: Porcentaje de cal.	Objetivo general: Analizar la resistencia a la compresión de las unidades de adobe estabilizadas con cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%, comparándolas con el adobe patrón, Huaraz – 2025.	La incorporación de cal en proporciones del 5%, 10% y 15% en las unidades de adobe produce un incremento significativo en la resistencia a compresión respecto al adobe patrón.	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicado Diseño: Experimental / explicativo Población/muestra: 36 especímenes Técnica: Ensayos de laboratorio Instrumento: Ficha de registro para ensayos y resultados experimentales
	Variable dependiente 2: Resistencia a la compresión.	Objetivos específicos: • Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material base utilizado en la elaboración de los adobes. • Elaborar las unidades de adobe patrón y aquellas estabilizadas con cal en proporciones de 5%, 10% y 15%. • Evaluar la resistencia a la compresión de las unidades experimentales, estableciendo una comparación con el comportamiento del adobe patrón.		

Fuente: elaboración propia

3. Evaluación de Juicio de expertos (mínimo 3 expertos)

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO
ESCUELA DE INGENIERIA
VALIDEZ DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTO**

I. Información General:

Nombres y Apellidos Evaluador: Jimmy Silvestre Corpus Acosta

Fecha: 27 de Noviembre del 2025 Especialidad: Ingeniería Civil

Nombre del instrumento Evaluado: Cuestionario

Autor del instrumento: Maycol Kevin Navarro Ramirez

Soraida Perez Ramos

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, requerimos su opinión sobre el instrumento de la investigación titulada:

**"Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal 5%, 10% y 15%,
Huaraz - 2025"**

El cual debe calificar con una valoración correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

II. Aspecto a evaluar:

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativo - cuantitativos	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		1-9	10-13	14-16	17-18	19-20
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?			16		
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				17	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?			15	0	
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				18	
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y calidad?					
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?				17	
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudios?				18	
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?			15		
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?			0	17	19
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?			16		
Sumatoria parcial				62	87	19



Jimmy Silvestre Corpus Acosta
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 141183

Sumatoria total	168
Valoración cuantitativa (sumatoria total x 0.005)	0.84

Aportes y sugerencias:

III. Calificación global:

Ubicar el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y escriba sobre el espacio el resultado.

Intervalos	Resultados
0.00 - 0.49	Validez nula
0.50 - 0.59	Validez muy baja
0.60 - 0.69	Validez baja
0.70 - 0.79	Validez aceptable
0.80 - 0.89	Validez buena
0.90 - 1.00	Validez muy buena

Coeficiente de validez

145	=	0.84
-----	---	------



Jimmy Silvestre Cortés Acosta
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 141185

Firma del Experto

Grado Académico: Mg. Gestión De Proyectos

DNI: 40516062

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO
ESCUELA DE INGENIERIA
VALIDEZ DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTO**

I. Información General:

Nombres y Apellidos Evaluador: Porfirio Ricardo Yauri Alvarado

Fecha: 27 de Noviembre 2025 Especialidad: Ingeniería Civil

Nombre del instrumento Evaluado: Cuestionario

Autor del instrumento: Maycol Kevin Navarro Ramírez

Soraida Perez Ramos

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, requerimos su opinión sobre el instrumento de la investigación titulada:

**"Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal 5%, 10% y 15%,
Huaraz - 2025"**

El cual debe calificar con una valoración correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

II. Aspecto a evaluar:

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativo - cuantitativos	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		1-9	10-13	14-16	17-18	19-20
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?			15		
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				18	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?			15		
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?					20
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y calidad?			15		
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?				17	
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudio?				18	
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?			15		
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?				17	19
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?				18	
Sumatoria parcial				60	88	39
Sumatoria total				187		




Valoración cuantitativa (sumatoria total x 0.005)	0.935
---	-------

Aportes y sugerencias:

III. Calificación global:

Ubicar el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y escriba sobre el espacio el resultado.

Intervalos	Resultados
0.00 - 0.49	Validez nula
0.50 - 0.59	Validez muy baja
0.60 - 0.69	Validez baja
0.70 - 0.79	Validez aceptable
0.80 - 0.89	Validez buena
0.90 - 1.00	Validez muy buena

Coeficiente de validez

187	=	0.935
-----	---	-------



Pedro Ricardo Tami Aranda
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 144946

Firma del Experto

Grado Académico : Ingeniero Civil

DNI: 31656783

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO
ESCUELA DE INGENIERIA
VALIDEZ DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTO**

I. Información General:

Nombres y Apellidos Evaluador: Loyda Jeanette Oliveros Quiñones

Fecha: 27 de Noviembre 2025 Especialidad: Ingeniería Civil

Nombre del instrumento Evaluado: Cuestionario

Autor del instrumento: Maycol Kevin Navarro Ramírez

Soraida Perez Ramos

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, requerimos su opinión sobre el instrumento de la investigación titulada:

**"Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal 5%, 10% y 15%,
Huaraz - 2025"**

El cual debe calificar con una valoración correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

II. Aspecto a evaluar:

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativo - cuantitativos	Deficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
		1-9	10-13	14-16	17-18	19-20
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?			14		
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				17	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?			15		
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				18	
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y calidad?			15		
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?				17	
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudio?				18	
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?			14		
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?				17	
Conveniencia	¿Genera nuevas puestas para la investigación y construcción de teorías?			16		
Sumatoria parcial				74	87	0
Sumatoria total		161				



 ING. LOYDA JEANETTE OLIVEROS QUIÑONES
 CIPN° 68191

Valoración cuantitativa (sumatoria total x 0.005)	0.805
---	-------

Aportes y sugerencias:

III. Calificación global:

Ubicar el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y escriba sobre el espacio el resultado.

Intervalos	Resultados
0.00 - 0.49	Validez nula
0.50 - 0.59	Validez muy baja
0.60 - 0.69	Validez baja
0.70 - 0.79	Validez aceptable
0.80 - 0.89	Validez buena
0.90 - 1.00	Validez muy buena

Coeficiente de validez

161	=	0.805
-----	---	-------



LIC. MARIANA OLIVERAS SCHREIBER
CIP N° 68197

Firma del Experto

Grado Académico : Mg. Gestión Pública
DNI: 31632597

4. Instrumento de recolección de datos



**LABORATORIO
USP**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)**

SOLICITA : BACH. Navarro Ramírez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soraida
TEMA : Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizadas con cal al 5%, 10% y 15%, Huancayo - 2025
LUGAR : HUANCAYO-ANCASH
FECHA : 21/10/2025

Peso Seco Inicial	848.8	gr.
Peso Seco Lavado	462.0	gr.
Peso perdido por lavado	386.8	gr.

MATERIAL : C - 1
MUESTRA : M - 1
PROF : 1.50

Tamiz (Abertura)	Peso Retenido (gr.)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante (%)	Clasificación AASHTO
N° 2	0.0	0.0	0.0	100.0	Límite Líquido (LL) : 31.68 Límite Plástico (LP) : 9.66 Índice Plasticidad (IP) : 22.02
N° 4	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 10	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 20	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 40	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 60	0.0	0.0	0.0	100.0	Clasificación (U.C.S.) : Suelo de partículas gruesas: Suelo de partículas gruesas con poca (poco) arcilla.
N° 80	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 100	0.0	0.0	0.0	100.0	
N° 200	0.0	0.0	0.0	100.0	
< 200	386.8	45.6	100.0	0.0	
Total	848.8			100.0	

CURVA GRANULOMÉTRICA



www.usanpedro.edu.pe

CIUDAD UNIVERSITARIA - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



LABORATORIO USP

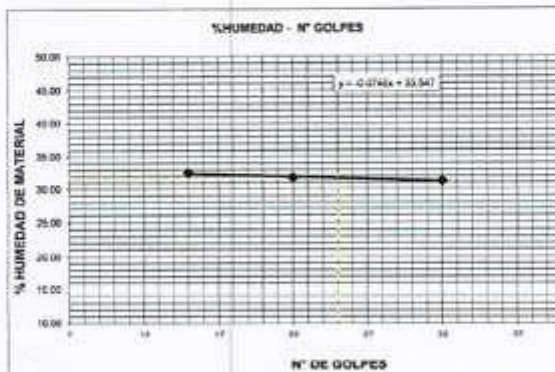
PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO (MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH. Navarro Ramirez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soledad
1.2.212 : Acusar de resistencia a compresión de unidades de adofo esbozados con car a 5%, 10% y 15%, muestra - 2002
MUESTRA : TERRENO NATURAL
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 21/10/2025

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	45.30	40.80	45.30	22.80	23.40	22.20
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	38.90	35.40	38.70	22.30	22.90	21.80
PESO DE LA TARA (gr.)	18.40	18.40	18.40	18.60	18.30	17.80
PESO DEL AGUA (gr.)	6.40	5.40	6.60	0.30	0.50	0.40
PESO SUELO SECO (gr.)	20.50	17.00	20.30	3.70	4.60	4.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31.22	31.76	32.51	8.11	10.87	10.00
Nro. DE GOLPES	32	22	15	9.66		



LIMITE LIQUIDO
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)
LL : % 31.68

LIMITE PLASTICO
(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90)
LP : % 9.66

INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM D-438
IP : % 22.02

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
PACU PUNO
INGENIERIA
Mg. Miguel Solar Jara

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



LABORATORIO USP

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)

SOLICITA: BACH. Navarro Ramirez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soraida

TESIS: Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizadas con cal al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2028

MUESTRA: M-1

MUESTRA: I CONCRETO PARA UPMAL

LUGAR: HUARAZ - ANCASH

FECHA: 24/10/2025

ENSAYO Nº	M-1	M-2
Peso de tara + MH	815.60	843.10
Peso de tara + MS	795.00	821.00
Peso de tara	256.00	184.30
Peso del agua	19.60	20.20
MS	500.00	623.60
Contenido de humedad (%)	3.92	3.24
PROMEDIO %	3.28	

NOTA: La muestra fue traída y realizada por el interesado en este Laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**LABORATORIO
USP**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE COMPRESION AXIAL DE PILAS DE ADOBE
(NORMA E.080-2017)**

SOLICITA : BACH. Navarro Ramirez Macol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soraida
TESES : Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizadas con cal al 5%, 10% y 15%, Muestra 1 - 2025
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 21/10/2025

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kg)	f _m (Kg/cm ²)	F _m (Kg/cm ²)
P-1	40.03	20.02	801.40	12603	15.73	15.63
P-2	40.10	20.04	803.60	12480	15.53	

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kg)	f _m (Kg/cm ²)	F _m (Kg/cm ²)
EXP-5%	40.00	20.03	801.20	14000	17.47	17.41
EXP-5%	40.08	20.02	802.40	13920	17.35	

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kg)	f _m (Kg/cm ²)	F _m (Kg/cm ²)
EXP-10%	40.04	20.04	802.40	15300	19.07	19.06
EXP-10%	40.01	20.01	800.60	15260	19.06	

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (Kg)	f _m (Kg/cm ²)	F _m (Kg/cm ²)
EXP-15%	40.05	20.04	802.60	16600	20.68	20.55
EXP-15%	40.02	20.03	801.60	16370	20.42	

NOTA : La muestra fue traída por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
DE HUACAYBAMBILLA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**LABORATORIO
USP**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION DE UNIDADES DE ADOBE - EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : BACH. Navarro Ramirez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramon Soraida
TESIS : Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y
15%, Huaraz - 2025
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 21/10/2025
MATERIAL : ADOBE (EXPERIMENTAL)
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 28 x 14 x 10

Identificación de la Muestra	Edad (Días)	Dimensiones (cm)			Peso adobe (Kg)	Área Bruta (cm²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
		Largo	Ancho	Altura				Área Bruta
EXPERIMENTAL-1	30	27.90	13.80	9.80	6.890	385.0	5,930	15.40
EXPERIMENTAL-2	30	27.70	13.70	9.50	6.760	379.5	5,750	15.15
EXPERIMENTAL-3	30	27.80	13.70	10.00	6.850	380.9	5,550	14.57
EXPERIMENTAL-4	30	27.80	13.60	9.70	6.700	378.1	5,640	14.92
EXPERIMENTAL-5	30	27.60	13.70	9.30	6.750	378.1	5,900	15.60
PROMEDIO								15.13

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Miguel Solar Jara
J.F.E.

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



LABORATORIO USP

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION DE UNIDADES DE ADOBE - EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA : BACH. Navarro Ramirez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soraida
TESIS : Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y
15% - Huaraz - 2025
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 21/10/2025
MATERIAL : ADOBE (EXPERIMENTAL)
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 20 x 14 x 10

Identificación de la Muestra	Edad (Días)	Dimensiones (cm)			Peso adobe (Kg)	Área Bruta (cm ²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura				Área Bruta
EXPERIMENTAL-1	30	27.88	13.80	10.00	7.000	283.6	6,700	17.46
EXPERIMENTAL-2	30	27.68	13.50	9.50	6.850	372.6	6,160	16.53
EXPERIMENTAL-3	30	27.80	13.50	9.00	6.800	374.3	6,210	16.59
EXPERIMENTAL-4	30	27.70	13.80	9.80	6.950	382.3	6,730	17.61
EXPERIMENTAL-5	30	27.80	13.60	9.80	6.950	378.1	6,460	17.09
PROMEDIO								17.10

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
DE HUANCAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**LABORATORIO
USP**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION DE UNIDADES DE ADOBE - EXPERIMENTAL 15%

SOLICITA : BACH. Navano Ramirez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soraida
TESIS : Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y
15%, Huaraz - 2025
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 21/10/2025
MATERIAL : ADOBE (EXPERIMENTAL)
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 28 x 14 x 10

Identificación de la Muestra	Edad (días)	Dimensiones (cm)			Peso adobe (Kg)	Área Bruta (cm²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
		Largo	Ancho	Altura				Área Bruta
EXPERIMENTAL-1	30	27.90	13.55	9.60	6.400	386.4	7.300	28.19
EXPERIMENTAL-2	30	27.80	13.80	9.70	6.500	383.6	7.118	18.53
EXPERIMENTAL-3	30	27.00	13.70	9.80	5.650	392.2	7.220	18.92
EXPERIMENTAL-4	30	27.80	13.90	9.80	6.800	386.4	7.648	19.77
EXPERIMENTAL-5	30	27.90	13.70	9.70	6.450	382.2	8.100	21.19
PROMEDIO								19.72

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**LABORATORIO
USP**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION DE UNIDADES DE ADOBE - PATRÓN

SOLICITA : BACH. Navarro Ramírez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soraida
TESIS : Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y 15%, Huaraz 2025
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 21/10/2025

MATERIAL : ADOBE (PATRÓN)
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 26 x 14 x 10

Identificación de la Muestra	Edad (días)	Dimensiones (cm)			Peso adobe (Kg)	Área Bruta (cm²)	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)
		Largo	Ancho	Altura				Área Bruta
PATRÓN-6	30	27.60	13.85	9.60	6.650	382.3	4,930	12.98
PATRÓN-7	30	27.70	13.50	9.50	6.550	374.0	5,050	13.50
PATRÓN-8	30	27.80	13.70	9.80	6.700	380.9	5,150	13.52
PATRÓN-9	30	27.80	13.80	9.70	6.650	383.6	5,140	13.40
PATRÓN-10	30	27.60	13.70	9.60	6.600	378.1	5,200	13.75
PROMEDIO								13.41

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Miguel Solar Jara

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

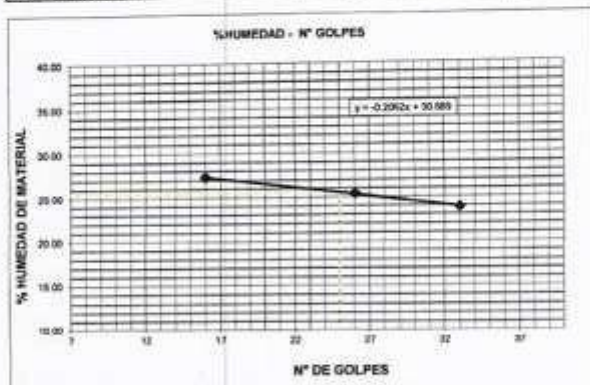
PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110, E-111, ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH. Navarro Ramirez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soraida
TESIS : Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal
al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2025
MUESTRA : MATERIAL DE ADOBE
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 21/10/2025

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	56.22	55.40	52.90	23.56	22.80	26.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	48.94	48.01	45.60	22.86	22.23	26.17
PESO DE LA TARA (gr.)	18.37	18.97	18.90	18.10	18.30	21.90
PESO DEL AGUA (gr.)	7.28	7.39	7.30	0.70	0.57	0.63
PESO SUELO SECO (gr.)	30.57	29.04	26.70	4.78	3.93	4.27
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.81	25.45	27.34	14.71	14.50	14.75
Nro. DE GOLPES	33	26	16	14.65		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 25.53

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 14.65

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 10.88

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Mg. Miguel Solar Jara
RFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n -Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LÁBORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. Navarro Ramirez Maicol Kevin
BACH. Pérez Ramos Soraida

TESIS : Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal
al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2025

MUESTRAS : MATERIAL DE ADOBE

LUGAR : HUARAZ - ANCASH

FECHA : 21/10/2025

ENSAYO N°	M-1	M-2
Peso de tara + MH	504.00	567.10
Peso de tara + MS	495.50	557.10
Peso de tara	107.70	202.00
Peso del agua	8.50	10.00
MS	327.80	355.10
Contenido de humedad (%)	2.59	2.82
PROMEDIO	2.70	

NOTA : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Miguel Solar Jara
C.I.E.

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe

5. Evidencias fotográficas













REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor				
NAVARRO RAMIREZ MAICOL KEVIN		76290158	raminavarro19995@gmail.com	
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico	
2. Tipo de Documento de Investigación				
☒ Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico	☐ Trabajo de Investigación	
3. Grado Académico o Título Profesional ¹				
☐ Bachiller	☒ Título Profesional	☐ Título Segunda Especialidad	☐ Maestría	☐ Doctorado
4. Título del Documento de Investigación				
Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y 15%, Huaraz – 2025.				
5. Programa Académico				
INGENIERIA CIVIL				
6. Tipo de Acceso al Documento				
☒ Abierto o Público ³ (info:eu-repo/semantics/openAccess)	☐ Acceso restringido ⁴ (info:eu-repo/semantics/restrictedAccess) (*)			
Embargo (Máximo 24 meses) (info:eu-repo/semantics/embargoedAccess)		Fecha de Liberación de embargo: ____/____/____ (Formato: día / mes / año)		
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo				

A. Originalidad del Archivo Digital

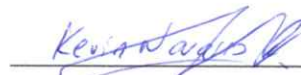
Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶



Huella Digital


 Firma

Ciudad	Día	Mes	Año
Chimbote	26	12	2025

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2.
- Ley N° 30035. Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006 -2015-PCM.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Números 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
PEREZ RAMOS SORAIDA		76773276	Soraidaperezramos332@gmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
☒ Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico	☐ Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
☐ Bachiller	☒ Título Profesional	☐ Título Segunda Especialidad	☐ Maestría ☐ Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2025			
5. Programa Académico			
Ingeniería civil			
6. Tipo de Acceso al Documento			
☒ Abierto o Público ³ (info:eu-repo/semantics/openAccess)		☐ Acceso restringido ⁴ (info:eu-repo/semantics/restrictedAccess) (*)	
☐ Embargo (Máximo 24 meses) (info:eu-repo/semantics/embargoedAccess)			
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶



Firma

Ciudad	Día	Mes	Año
Chimbote	26	12	2026

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2.
- Ley N° 30035. Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006 -2015-PCM.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Números 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Nota - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.5).

INFORME DE ORIGINALIDAD

Análisis de resistencia a compresión de unidades de adobe estabilizados con cal al 5%, 10% y 15%, Huaraz - 2025

19%	18%	4%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	3%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.continental.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.usanpedro.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	1%
	Trabajo del estudiante	
5	repositorio.upn.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	laccei.org	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.ucv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
8	purl.org	1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.uandina.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
10	Submitted to Universidad Andina del Cusco	1%
	Trabajo del estudiante	
11	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego 2025	<1%
	Trabajo del estudiante	

12

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

13

www.slideshare.net

Fuente de Internet

< 1 %

14

1library.co

Fuente de Internet

< 1 %

15

www.coursehero.com

Fuente de Internet

< 1 %

16

pdffox.com

Fuente de Internet

< 1 %

17

es.scribd.com

Fuente de Internet

< 1 %

18

moam.info

Fuente de Internet

< 1 %

19

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

< 1 %

20

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

< 1 %

21

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

< 1 %

22

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

< 1 %

23

rlc.fao.org

Fuente de Internet

< 1 %

24

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

< 1 %

25

docs.google.com

Fuente de Internet

< 1 %

26	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
27	ecommons.luc.edu Fuente de Internet	< 1 %
28	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
29	documentos.uru.edu Fuente de Internet	< 1 %
30	kerwa.ucr.ac.cr Fuente de Internet	< 1 %
31	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
32	revistas.um.edu.uy Fuente de Internet	< 1 %
33	Submitted to DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA Trabajo del estudiante	< 1 %
34	mipagina.cantv.net Fuente de Internet	< 1 %
35	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	< 1 %
36	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	< 1 %
37	Submitted to Universidad Tecnológica del Peru Trabajo del estudiante	< 1 %
38	Ximena Lopez, Dasarella Torbisco, Jose Rodriguez, Carlos Eyzaguirre. "Benefits of Cabuya Fiber in the Mechanical Properties of	< 1 %

Compacted Adobe", 2019 7th International
Engineering, Sciences and Technology
Conference (IESTEC), 2019

Publicación

39

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

40

Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (PLA) basadas en la incorporación de derivados de la colofonia", Universitat Politècnica de Valencia, 2023

Publicación

<1%

41

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

42

Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia

Trabajo del estudiante

<1%

43

doczz.es

Fuente de Internet

<1%

44

scielo.senescyt.gob.ec

Fuente de Internet

<1%

45

worldwidescience.org

Fuente de Internet

<1%

46

www.grafiati.com

Fuente de Internet

<1%

47

Submitted to University of Birmingham

Trabajo del estudiante

<1%

48

bibliodigital.saludpublica.uchile.cl:8080

Fuente de Internet

<1%

49

cathi.uacj.mx

Fuente de Internet

<1%

50	francmasones.net Fuente de Internet	< 1 %
51	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	< 1 %
52	vsip.info Fuente de Internet	< 1 %
53	www.bartleby.com Fuente de Internet	< 1 %
54	M. Del Río Merino, P. Comino. "Analysis of the strengthenings of mixed glass fibers E and fibers AR in plaster, as an alternative to monofiber (homogeneous) strengthenings", <i>Materiales de Construcción</i> , 2002 Publicación	< 1 %
55	S. A. Bernal, R. Mejía de Gutiérrez, F. Ruiz, H. Quiñones, J. L. Provis. "High-temperature performance of mortars and concretes based on alkali-activated slag/metakaolin blends", <i>Materiales de Construcción</i> , 2012 Publicación	< 1 %
56	ddd.uab.cat Fuente de Internet	< 1 %
57	futur.upc.edu Fuente de Internet	< 1 %
58	idus.us.es Fuente de Internet	< 1 %
59	una-cr.academia.edu Fuente de Internet	< 1 %
60	www.jove.com Fuente de Internet	< 1 %

61

www.portal.uasj.unpa.edu.ar

Fuente de Internet

<1%

62

"Structural Analysis of Historical
Constructions", Springer Science and
Business Media LLC, 2019

Publicación

<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 6 words

Excluir bibliografía

Activo